21世纪高等职业教育
模具设计与制造技术规划教材



塑料成型工艺与模具设计

钱泉森 主编

精选当代工程图例
引入工程实践环节
诚邀教授名家执笔
重点图例汇集成册

强调练习与实践相结合
免费提供电子教案、课件和习题答案


人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

21世纪高等职业教育模具设计与制造技术规划教材

塑料成型工艺与模具设计

钱泉森　主编

人 民 邮 电 出 版 社

图书在版编目（CIP）数据

塑料成型工艺与模具设计 / 钱泉森主编. —北京：人民邮电出版社，2007.1
21 世纪高等职业教育模具设计与制造技术规划教材
ISBN 7－115－15333－7

Ⅰ. 塑… Ⅱ. 钱… Ⅲ. ①塑料成型－工艺－高等学校：技术学校－教材②塑料模具－设计－高等学校：技术学校－教材 Ⅳ. TQ320.66

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2006）第 116744 号

内 容 提 要

本书突出了高职高专特色，在吸收教学经验和教学成果的基础上，从生产实际出发，结合高职课程体系重组和整合的变化情况，突出重点，以够用实用为原则，在课程内容上，围绕模塑成型工艺、成型设备与模具设计三大主题，体现了"塑料成型工艺编制"和"模具设计"的核心技能。

本书系统地介绍塑料成型工艺编制和模具设计基本技能，紧密结合模具技术的新发展，阐述了模具设计方法和技巧。本教材取材精炼，深入浅出，内容与相关实践性环节联系紧密。全书共分 8 章，包括塑料、塑料成型工艺与成型设备、注射成型模具、压缩成型模具、挤出成型模具、气动成型模具、塑料模具寿命与塑料模具材料选择、塑料模具设计实例等。每章前编写了学习目标和学习建议，每章后附有思考与练习题。

本书配有光盘，内容丰富翔实，对于书中的重点更以视频的形式给出。

本书为普通高等职业院校模具设计与制造专业的规划教材，亦可供有关模具设计制造专业工程技术人员参考。

21 世纪高等职业教育模具设计与制造技术规划教材

塑料成型工艺与模具设计

◆ 主　　编　钱泉森
　责任编辑　杨　堃
　执行编辑　张　鑫

◆ 人民邮电出版社出版发行　　北京市崇文区夕照寺街 14 号
　邮编　100061　　电子函件　315@ptpress.com.cn
　网址　http://www.ptpress.com.cn
　北京市通州大中印刷厂
　新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本：787×1092　1/16
　印张：20.5
　字数：501 千字　　　2007 年 1 月第 1 版
　印数：1－3 000 册　　　2007 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-15333-7/TN・2870

定价：33.00 元（附光盘）

读者服务热线：(010)67170985　印装质量热线：(010)67129223

21世纪高等职业教育模具设计与制造技术规划教材编写委员会

前　言

在当今世界上，高度发达的制造业和先进的制造技术已经成为衡量一个国家综合经济实力和科技水平的最重要标志之一，成为一个国家在竞争激烈的国际市场上获胜的关键因素。目前，中国制造业已跻身世界第四位，中国已成为制造业大国，但尚不是制造业强国。中共十六大明确提出："用高新技术和先进适用技术改造传统产业，大力振兴装备制造业。"当前，要从制造大国走向制造强国，必须优先发展先进制造业。这就要求，必须大力发展以数控技术为主的先进制造技术，提高模具设计制造水平,提升计算机辅助设计与制造（CAD/CAM）的技术水平。

自改革开放以来，到目前为止制造业在中国国民经济中的比重已占到45%，制造业部门成为GDP增长的主要支撑力量。无论从制造业占国民生产总值和财政收入的比重来讲，还是从扩大就业、保持社会稳定来讲，我们都可以肯定地说，至少在21世纪前50年制造业仍然是我国国民经济增长的主要源泉。

制造业要发展，人才是关键。尽快拥有一批高技能人才和高素质劳动者，是先进制造业实现技术创新和技术升级的迫切要求，高等职业教育担负着培养高技能人才的根本任务。中国打造"世界工厂"，为中国高等职业教育的发展提供了难得的机遇和艰巨的挑战。

为顺应中国制造业的深层次发展和现代设计方法、数控技术的广泛应用，人民邮电出版社组织全国知名专家，经过与现代数控、模具生产制造企业技术人员的反复研讨，编写了适合当前技术改革、紧跟技术发展的相关高等职业学校教材，包括数控技术规划教材、模具设计与制造技术规划教材、机械专业基础规划教材、计算机辅助设计与制造技术规划教材四个系列，系列之间紧密联系、相辅相成。

四个系列教材均以高等职业教学中的实际技能要求为主旨，内容简明扼要，突出重点。编写方法上注重发挥实例教学的优势，引入众多生产应用实例和操作实训题，便于读者对全书内容的融会贯通，加深理解。其特色主要有如下几点：

1．教材的重点实例全部编入图册，形成全套教材的整体配合。图册既可以作为全套教材的总结，又可以作为工程实例中的模板。既可以使学生们在三年的学习之后，通过图册加以回顾；又可以在工作中，通过对已学实例加以修改完成工程项目要求。

2．教材的例图尽量使用当前常用的新图，尽量贴近工程。

3．辅助设计的教材全部采用"案例教学"的教学方法，并且设计了软件学会之后与工程实践相结合的实践教程（实践教程配有视频教学光盘）。

4．采用螺旋结构、分四层逐级深入的教学方法，形成各系列教材的整体配合。

5．课程的整体设计上，特别强调与工程实践的联系。各系列中最后的几门课程，尽量联系到当代工程的实例，使学生们在学习了一定的知识、掌握了相关的技能后，能够应用于工程中。

四个系列的教材分别适合于高职高专院校机械类专业的数控、模具、基础和辅助设计的

课程教学，也可选作数控、模具技能培训教材或从事数控加工和模具设计的广大工程技术人员的参考书。

我们衷心希望，全国关心高等职业教育的广大读者能够对教材的不当之处给予批评指正，来信请发至 yangkun@ptpress.com.cn。

21 世纪高等职业教育模具设计与制造技术规划教材编写委员会

编者的话

本书是根据2005年杭州"全国高等职业教育数控、模具专业人才培养方案和教材开发研讨会"和高职高专教材编委会的要求，结合"模具设计与制造"专业教学大纲和教学计划编写的。

本书在编写过程中，考虑到高职高专学生学习专业课的实际情况，充分体现高职高专特色，吸收了各校的教学经验和教学成果，从生产实际出发，结合高职教学情况，突出重点，以必需、够用、实用为原则。在课程内容上，围绕模塑成型工艺、成型设备与模具设计三大主题，以培养学生从事塑料成型工艺编制和模具设计基本技能为核心。

本教材全书和配套光盘由江西现代职业技术学院钱泉森编写。全书共8章，取材精炼，深入浅出，教材内容与相关实践性环节配合默契、联系紧密。为便于教学，每章前编写了学习目标和学习建议，每章后附有思考与练习题，并在难点内容中有实例，以帮助学生学习。为突出模具设计核心技能教学，"塑料模设计实例"的内容放在教材最后一章，以对所学知识进行梳理，达到巩固所学内容和综合应用的目的。

本书在编写和审稿过程中，得到了翁其金，朱光力，段来根，陈智刚，王浩钢，林海岚，郑金、蔡冬根，虞建中，丁学恭，彭炎荣，杨化书、单冬敏，孙悦等老师的帮助，以及深圳希望太阳能灯饰制品有限公司陈义行、梁光华，深圳市南方精诚模塑五金制品有限公司熊新梁，惠阳淡水捷佳模具厂徐海宏，顺德泰祥电子有限公司范大武等专家的大力支持，并提出了宝贵意见，在此表示衷心的感谢。

由于编写时间仓促，加之水平有限，书中难免存在缺点和错误，恳请广大读者批评指正。

编者

2006年5月

目　录

绪论……1
0.1 我国塑料模具工业现状及其发展……1
0.1.1 塑料及其应用……1
0.1.2 我国塑料模具工业的发展……3
0.2 本课程的性质、任务和学习方法……5
第1章 塑料……7
1.1 塑料及其性能……7
1.1.1 塑料的组成……7
1.1.2 塑料的分类……8
1.1.3 塑料的性能……9
1.2 塑料的改性……19
1.2.1 增强改性……19
1.2.2 塑料的其他改性……21
1.3 塑料的鉴别……22
思考与练习题……23
第2章 塑料成型工艺与成型设备……25
2.1 塑料成型工艺方法……25
2.1.1 注射模塑成型工艺……25
2.1.2 压缩成型工艺……26
2.1.3 挤出成型……28
2.1.4 其他成型方法简介……29
2.2 注射成型设备及注射成型工艺……29
2.2.1 注射机的组成、分类及规格表示法……29
2.2.2 注射装置……31
2.2.3 合模装置……38
2.2.4 注射机的主要技术参数……44
2.2.5 注射机的安装、调试、操作及维护……47
2.2.6 注射生产控制……54
2.3 压缩成型设备及压缩成型工艺……67
2.3.1 压力机的结构、工作原理及分类……67
2.3.2 压力机的主要零部件……69
2.3.3 压力机的主要技术参数及选择……73
2.3.4 压力机的安装调试及安全使用和维护……75

2.3.5 压缩成型工艺过程……76
2.3.6 压缩成型的工艺特性和影响因素……78
2.4 挤出成型设备与挤出成型工艺……80
2.4.1 挤出成型设备……80
2.4.2 挤出成型工艺参数……83
2.4.3 机头与挤出机的连接……87
2.5 塑料制品的工艺性……88
2.5.1 制品的尺寸精度和表面质量工艺性……88
2.5.2 塑料制品的结构工艺性……89
思考与练习题……99
第3章 注射成型模具……102
3.1 注射模具基本结构及其分类……102
3.1.1 注射模具的基本结构……102
3.1.2 注射模具的分类……104
3.1.3 典型注射模具特点……104
3.2 注射模具与注射机有关工艺参数校核……109
3.2.1 注射机主要技术参数……109
3.2.2 注射机有关工艺参数的校核……111
3.3 分型面的选择……115
3.3.1 分型面的类型……115
3.3.2 分型面选择的一般原则……116
3.4 浇注系统设计……118
3.4.1 浇注系统的组成与作用……118
3.4.2 普通浇注系统的设计……119
3.4.3 排气与引气系统设计……134
3.4.4 热流道注射模……135
3.5 成型零件设计……139
3.5.1 型腔的结构设计……139
3.5.2 凸模和型芯的结构设计……142
3.5.3 螺纹型芯和螺纹型环的结构设计……143
3.5.4 齿轮型腔的结构设计……145
3.5.5 成型零件的尺寸计算与实例……146
3.5.6 型腔、底板的强度和刚度计算……154
3.6 侧向分型与抽芯机构设计……157
3.6.1 侧向分型与抽芯机构的工作原理……157
3.6.2 侧向分型与抽芯机构分类……157
3.6.3 机动式结构类型……158
3.6.4 抽芯距和抽拔力的计算……161
3.6.5 斜导柱侧向分型与抽芯机构……162

3.6.6 斜导柱抽芯机构中的干涉现象……167
3.6.7 斜导柱抽芯机构的几种结构形式……170
3.6.8 定距分型拉紧机构……172
3.6.9 斜滑块侧向分型与抽芯机构……174
3.6.10 齿轮齿条侧向抽芯机构……177
3.7 推出机构设计……178
3.7.1 推出机构的结构组成和分类……178
3.7.2 推出零件的设计……179
3.7.3 二级推出机构……188
3.7.4 其他推出机构……194
3.8 模架零部件的设计及选用……199
3.8.1 合模导向装置的设计……199
3.8.2 模架的主要组成零件及标准……203
3.9 模具温度调节系统设计……205
3.9.1 模具温度调节系统的重要性……205
3.9.2 模具温度调节系统设计的基本要求……206
3.9.3 模具加热装置设计……206
3.9.4 模具冷却装置设计……207
思考与练习题……211
第4章 压缩成型模具……213
4.1 压缩成型模具的类型及基本结构……213
4.1.1 压缩模具的基本结构……213
4.1.2 压缩模具的类型……215
4.2 压缩模具设计要点……217
4.2.1 塑件在模具内加压方向的选择……217
4.2.2 凸、凹模配合的结构形式……219
4.2.3 加料腔的尺寸计算……223
4.2.4 导向机构……226
4.2.5 脱模机构设计……226
4.2.6 压缩模的手柄……231
4.2.7 侧向分型抽芯机构设计……232
思考与练习题……234
第5章 挤出成型模具……235
5.1 挤出成型模具的结构……235
5.1.1 挤出成型模具的结构组成……236
5.1.2 挤出成型机头的设计原则……237
5.2 管材类挤出成型机头……238
5.2.1 常用结构……238
5.2.2 棒材挤出成型机头的结构……239

5.2.3 电线电缆挤出成型机头……240
5.2.4 挤出机头的设计……241
5.3 吹塑薄膜机头……246
5.4 板材片材类挤出机头……248
5.4.1 板材片材类挤出机头分类……248
5.4.2 异型材挤出机头……251
思考与练习题……253
第6章 气动成型模具……254
6.1 中空成型模具……254
6.1.1 中空吹塑模具的分类及成型工艺……254
6.1.2 中空吹塑模具设计……256
6.2 真空成型模具……260
6.2.1 真空吸塑的成型特点及工艺……260
6.2.2 塑件设计……262
6.2.3 模具设计……263
6.3 压缩空气成型模具……265
6.3.1 压缩空气成型的特点……265
6.3.2 压缩空气成型模具……265
思考与练习题……267
第7章 塑料模具寿命与材料……268
7.1 塑料模具寿命……268
7.1.1 塑料模具的工作条件及失效形式……268
7.1.2 影响塑料模具寿命的因素及提高寿命的方法……269
7.2 塑料模具材料及选用……270
7.2.1 模具成型零件对材料的要求……270
7.2.2 塑料模具材料……270
7.2.3 塑料模具材料的选用及热处理要求……274
7.2.4 塑料模具的表面处理……278
思考与练习题……279
第8章 塑料模具设计实例……280
8.1 塑料模具设计基本程序……280
8.2 注射模具设计实例……285
8.3 压缩模具设计实例……291
思考与练习题……299
附录……302
参考文献……318

绪　论

0.1　我国塑料模具工业现状及其发展

0.1.1　塑料及其应用

塑料是以树脂为主要成分，加入其他添加剂，在一定温度和压力下塑化成型的高分子合成材料。

从 1910 年生产酚醛塑料算起，塑料工业的发展还不到 100 年，但发展速度十分惊人。1910 年全世界塑料产量只有 2 万吨，2005 年达到 223 万吨。2005 年亚洲、欧洲和北美洲塑料产量占世界总产量的 90%以上，塑料产量前 5 名的国家有美国、德国、中国、日本和韩国。目前有 300 多种塑料品种，且每年以 10%左右的速度增长，塑料、钢铁、木材和水泥是现代社会中的四大基础材料。

建国前夕，我国只有上海、广州、武汉、重庆等一些大城市有作坊式的塑料制品加工厂，总产量很低。经过多年的发展，我国塑料工业不仅使塑料制品总产量跃居世界第二位，而且在塑料加工、产品开发及应用等方面都已步入塑料先进大国行列，塑料工业在国民经济中有着极其重要的地位。

1. 塑料工业的发展促进了现代科学技术的发展

近年来，高速飞行器（如超音速飞机、火箭、导弹等）的制造，宇宙航行（如人造卫星、宇宙飞船等）的开发，原子能的利用以及电子技术的研究，对材料提出越来越苛刻的要求，如质量轻、强度大、耐高温、耐腐蚀。

据报导，可载 200 多人的波音 757 型喷气式大型客机就有 2 500 个部件是用塑料制成的。美国的全塑料火箭所用玻璃钢占总重的 80%。在宇宙飞船阿波罗上采用塑料制成的部件有上千种。从一般的垫圈到飞船的阻燃外壳、宇宙服及登月舱等都应用着品种甚多的塑料。

在原子能利用方面，例如，要使γ-射线强度减低到千万分之一，使人体不受射线的危害，需要 35cm 厚的铅板作为原子反应堆的防护层，这种厚度的铅板 $1m^2$ 重 4t，而每 $1m^3$ 反应堆的容器，需要重 100t 的防护层；如果改用塑料作为防护层，就可大大减少厚度。此外，塑料还可以作为原子能工厂的防护劳保服；利用塑料处理工厂排出的废水，以防环境污染。

随着电子技术的高速发展，对电子器件提出越来越高的要求，如体积小、重量轻、性能可靠、成本低等。随着固体电路、分子电路、集成电路等的出现以及高频和超高频技术的广泛应用，对材料性能的要求更加苛刻了。可以肯定，要想设计和制造一部电子设备，离开了塑料是难以实现的。尽管雷达早在第二次世界大战初期已经研究成功，但由于当时缺乏高频绝缘材料，因而直到聚苯乙烯等高频绝缘材料出现后，雷达才被人们制造出来。

2．塑料工业的发展加速了国防现代化建设

塑料在军事上的应用是多种多样的。例如，用玻璃钢制造的火箭外壳，不但重量轻，制造劳动量小，而且结构紧凑，性能良好；塑料在军用飞机上的应用，从玻璃钢防弹油箱到雷达罩开始，目前已发展到几千种零件都用塑料制造，如一架喷气式轰炸机使用的玻璃钢部件达千个以上，总重超过 1t；世界上第一架全塑料飞机现已实际飞行，平均飞行速度可达 327km/h，整架飞机除发动机、电子设备及机轮外，全部都是用塑料制成的，国外还出现了全塑歼击机、侦察机等。

用塑料来制造扫雷艇、潜艇等，既减轻本身重量，增加载重量，又降低油耗，提高航速。利用泡沫塑料可以架设军用浮桥，打捞海底沉船。

此外，坦克外壳、工事沙包、降落伞、军用帐篷、枪托、钢盔衬里、军用水壶等都可广泛使用塑料。

3．塑料工业的发展推动了农业现代化的发展

在农业方面广泛应用塑料，可以推动农业现代化的发展。例如，在早春气温较低的时候，用塑料薄膜覆盖幼苗保温，可以提早播种期，大大提高土地的利用率，在必要的时候，也可以用来延迟收割期。这种薄膜可以代替温室和暖棚的玻璃，它的价格比普通玻璃便宜。塑料薄膜保温能力强，透光性好，使用方便，质地坚固，不怕冰雹或强风袭击，不用时收藏起来还不占地方。采用塑料薄膜育种能提早水稻收割 15～26 天，增产 15%～20%。塑料温室内能够全年生长作物，如辣椒、西红柿、黄瓜、茄子等，可以大大缓解淡季蔬菜供应紧张。

塑料薄膜还可用于水果的预包装，它与水果的表皮类似，不透水但有一定的透气性。将薄膜袋放在尚未成熟的水果表面，水果成熟时，塑料袋也会膨胀而形成第二层包装的外皮。这种方法有助于保护水果，防止病虫害。

现在有一种特殊塑料，加到生土中就会使生土变成熟土，适于种植。还有一种塑料，将它混入土壤中，其作用犹如贮水槽，当植物浸水时，塑料就吸水；当土壤干涸时，这种塑料就把水分释放到土壤中。

有一种塑料，把它撒在秧田里，在水面上会形成一层薄膜，这种薄膜可以防止水分蒸发，从而保持水温，使秧苗提早发育。如果把它撒到水库里，就可以减少水库里水的蒸发。还有一种泡沫塑料管和微孔塑料管，把它埋在地下，水在泥土下面，直接渗入作物的根部，这样可以不用沟渠，既可增大耕地的面积，又能减少水分的蒸发。

此外，利用塑料可使海水淡化，改造盐碱地和低洼地，建设小型水库，制造农业机具（如风谷机、水库等）及农具（如农药喷射器、粪勺、提桶等），编织渔网，制造浮子以及农产品包装、储存等。

4．塑料的发展提高了人民的健康和物质生活水平

塑料给人们的身体健康带来福音，也提高了人们的物质生活水平。例如，用塑料做的假牙，酷似真牙，这早已为大家所熟悉。大血管坏了，可以用塑料管接起来；肾脏坏了，可用塑料人工肾脏来代替。近年来，还可以用塑料接骨，修补头骨。又如，患肾炎的病人不能食盐，如果让他先吃下一种塑料，再吃含有盐分的可口食物就可以了，因为盐分将被塑料除去。

此外，塑料还可以治疗胃溃疡、心脏病、高血压、肝脏病、水肿病等；塑料可以用来制造假肢，提取链霉素，作为药物包装材料，制造医疗器械等。

塑料为人们提供了越来越丰富的生活日用品，例如，玲珑有趣的儿童玩具、逗人喜爱的

手机、透明美观的文件夹、轻便耐穿的运动鞋、轻盈价廉的移动硬盘、鲜艳夺目的花卉等，将人们带进了“塑料世界”。

许多家用电器都离不开塑料。例如，DVD、DV、电视机、录像机和电脑等的外壳及元器件，电冰箱的内衬，洗衣机的内缸及面板，吸尘器的外罩及管子，电风扇的风叶等都是用塑料制成的。

总之，各种新型的塑料制品的市场发展前景十分看好，应用范围越来越广泛。

0.1.2　我国塑料模具工业的发展

20 世纪 80 年代以来，我国模具工业发展迅速，年均增速为 13%。据不完全统计，2003 年我国模具生产厂点有 2 万多家，从业人员 50 多万人。2004 年模具行业的发展保持良好势头，模具企业总体上订单充足，任务饱满，2004 年模具产值 530 亿元。进口模具 18.13 亿美元，出口模具 4.91 亿美元，分别比 2003 年增长 18%、32.4%和 45.9%。

我国塑料模具工业从起步到现在，历经半个多世纪，有了很大发展，模具水平有了较大提高。在大型模具方面，已能生产 48 英寸大屏幕彩电塑壳注射模具、6.5kg 大容量洗衣机全套塑料模具以及汽车保险杠和整体仪表板等塑料模具；精密塑料模具方面，已能生产照相机塑料件模具、多型腔小模数齿轮模具及塑封模具。如天津津荣天和机电有限公司和烟台北极星 I.K 模具有限公司制造的多腔 VCD 和 DVD 齿轮模具，这类齿轮塑件的尺寸精度、同轴度、跳动等要求都达到了国外同类产品的水平，而且还采用了最新的齿轮设计软件，纠正了由于成型收缩造成的齿形误差，达到了标准渐开线齿形要求。还能生产厚度仅为 0.08mm 的一模两腔的航空杯模具和难度较高的塑料门窗挤出模具等。注塑模型腔制造精度可达 0.02mm～0.05mm，表面粗糙度 Ra0.2μm，模具质量、寿命明显提高了，非淬火钢模寿命可达 10 万次～30 万次，淬火钢模达 50 万次～1 000 万次，交货期较以前缩短，但和国外相比仍有较大差距，具体数据见表 0.1。

表 0.1　　国内外塑料模具技术比较表

项　目	国　外	国　内
注塑模型腔精度	0.005mm～0.01mm	0.02mm～0.05mm
型腔表面粗糙度	Ra0.01μm～0.05μm	Ra0.20μm
非淬火钢模具寿命	10 万次～60 万次	10 万次～30 万次
淬火钢模具寿命	160 万次～300 万次	50 万次～100 万次
热流道模具使用率	80%以上	总体不足 10%
标准化程度	70%～80%	小于 30%
中型塑料模具生产周期	1 个月左右	2～4 个月
在模具行业中的占有量	30%～40%	25%～30%

成型工艺方面，多材质塑料成型模、高效多色注射模、镶件互换结构和抽芯脱模机构的创新设计方面也取得较大进展。气体辅助注射成型技术的使用更趋成熟，如青岛海信模具有限公司、天津通信广播公司模具厂等厂家成功地在 29～34 英寸电视机外壳以及一些厚壁零件的模具上运用气辅技术。一些厂家还使用了 C-MOLD 气辅软件，取得较好的效果，如上海新普雷斯等公司就能为用户提供气辅成型设备及技术。热流道模具开始推广以来，有的厂家采

用率达 20%以上，一般采用内热式或外热式热流道装置，少数单位采用具有世界先进水平的高难度针阀式热流道装置。但总体上热流道的采用率达不到 10%，与国外的 50%～80%相比，差距较大。

在制造技术方面，CAD/CAM/CAE 技术的应用水平上了一个新台阶，以生产家用电器的企业为代表，陆续引进了相当数量的 CAD/CAM 系统，如美国 EDS 的 UGⅡ、美国 Parametric Technology 公司的 Pro/Engineer、美国 CV 公司的 CADS5、英国 Deltacam 公司的 DOCT5、日本 HZS 公司的 CRADE、以色列公司 CIMATRON 的 Cimatron、美国 AC-Tech 公司的 C-Mold 及澳大利亚 Moldflow 公司的 MPA 塑模分析软件等。这些系统和软件的引进，虽然花费了大量资金，但在我国模具行业中，实现了 CAD/CAM 的集成，并能支持 CAE 技术对成型过程，如充模和冷却等进行计算机模拟，取得了一定的技术经济效益，促进和推动了我国模具 CAD/CAM 技术的发展。近年来，我国自主开发的塑料模具 CAD/CAM 系统有了很大发展，主要有北航华正软件工程研究所开发的 CAXA 系统、华中理工大学开发的注塑模 HSC 系统及 CAE 软件等，这些软件具有适应国内模具的具体情况、能在微机上应用且价格较低等特点，为进一步普及模具 CAD/CAM 技术创造了良好条件。

快速成型（Rapid Prototyping，RP）技术自 20 世纪 80 年代问世以来，在成型系统、材料方面有了长足的进步，同时推动了快速制模（Rapid Tooling，RT）和快速制造（Rapid Manufacturing，RM）的发展。在制造业日趋国际化的状况下，缩短产品开发周期和减少开发新产品投资风险，成为企业赖以生存的关键。因此，快速成形/快速制模/快速制造技术将会得到进一步的发展。

美国、日本及欧洲发达国家已将快速成型技术应用于航空、宇航、汽车、通信、医疗、电子、家电、玩具、军事装备、工业造型（雕刻）、建筑模型、机械行业等领域。国内 RP 研究起步于 1991 年左右，北京隆源自动成型系统有限公司、清华大学、西安交通大学、南京航天大学、华中理工大学、上海交通大学、华北工学院等在成型理论、工艺方法、设备、材料、软件等方面做了大量的研究、开发工作。国内的家电行业在快速成型系统的应用上，走在了国内前列，如广东的美的、华宝、科龙，江苏的春兰、小天鹅，青岛的海尔等，都先后采用快速成型系统来开发新产品，收到了很好的效果。

近年来，国内已较广泛地采用一些新的塑料模具钢，如 P20、3Cr2Mo、PMS、SMⅠ、SMⅡ等，对模具的质量和使用寿命有着直接的、重大的影响，但总体使用量仍较少。塑料模具标准模架、标准推杆和弹簧等越来越广泛地得到应用，并且出现了一些国产的商品化的热流道系统元件。但目前我国模具标准化程度和商品化程度一般在 30%以下，和国外先进工业国家已达到 70%～80%相比，仍有很大差距。

据有关方面预测，在未来的模具市场中，塑料模具的发展速度将高于其他模具，在模具行业中的比例将逐步提高。随着塑料工业的不断发展，对塑料模具提出越来越高的要求是正常的，因此精密、大型、复杂、长寿命塑料模具的发展将高于总量发展速度。同时，由于近年来进口模具中，精密、大型、复杂、长寿命模具占多数，所以从减少进口、提高国产化率角度出发，这类高档模具在市场上的份额也将逐步增大。建筑业的快速发展，使各种异型材挤出模具、PVC 塑料管材管接头模具成为模具市场新的经济增长点。高速公路的迅速发展，对汽车轮胎也提出了更高要求，因此子午线橡胶轮胎模具，特别是活络模具的发展速度也将高于总平均水平；以塑代木，以塑代金属使塑料模具在汽车、摩托车工业中的需求量巨大；

家用电器行业在今后将有较大发展，特别是电冰箱、空调器和微波炉等的零配件的塑料模具需求很大；而电子及通信产品方面，除了彩电等音像产品外，笔记本电脑和网机顶盒将有较大发展，这些都是塑料模具市场的增长点。

我国塑料模具工业和技术今后的主要发展方向包括如下几方面。

（1）提高大型、精密、复杂、长寿命模具的设计制造水平及比例。这是由于塑料模具成型的制品日渐大型化、复杂化和高精度要求以及因高生产率要求而发展的一模多腔所致。

（2）在塑料模具设计制造中全面推广应用 CAD/CAM/CAE 技术。CAD/CAM 技术已发展成为一项比较成熟的共性技术，近年来模具 CAD/CAM 技术的硬件与软件价格已降低到中小企业普遍可以接受的程度，为其进一步普及创造了良好的条件。基于网络的 CAD/CAM/CAE 一体化系统结构初见端倪，将解决传统混合型 CAD/CAM 系统无法满足实际生产过程分工协作要求的问题。CAD/CAM 软件的智能化程度将逐步提高。塑料制件及模具的 3D 设计与成型过程的 3D 分析将在我国塑料模具工业中发挥越来越重要的作用。

（3）推广应用热流道技术、气辅注射成型技术和高压注射成型技术。采用热流道技术的模具可提高制件的生产率和质量，并能大幅度节省塑料制件的原材料和节约能源，所以广泛应用这项技术是塑料模具的一大变革。制订热流道元器件的国家标准，积极生产价廉高质量的元器件，是发展热流道模具的关键。气体辅助注射成型可在保证产品质量的前提下，大幅度降低成本，目前在汽车和家电行业中正逐步推广使用。气体辅助注射成型比传统的普通注射工艺有更多的工艺参数需要确定和控制，而且其常用于较复杂的大型制品，模具设计和控制的难度较大，因此开发气体辅助成型流动分析软件，显得十分重要。

（4）开发新的塑料成型工艺和快速经济模具，以适应多品种、少批量的生产方式。

（5）提高塑料模具标准化水平和标准件的使用率。我国模具标准件水平和模具标准化程度仍较低，与国外差距甚大，在一定程度上制约着我国模具工业的发展。为提高模具质量和降低模具制造成本，要大力推广模具标准件的应用。为此，首先要制订统一的国家标准，并严格按标准生产；其次要逐步形成规模生产，提高商品化程度，提高标准件质量，降低成本；再次是要进一步增加标准件规格品种。

（6）应用优质模具材料和先进的表面处理技术对于提高模具寿命和质量显得十分必要。

（7）研究和应用模具的高速测量技术与逆向工程。采用三坐标测量仪或三坐标扫描仪实现逆向工程是塑料模具 CAD/CAM 的关键技术之一。研究和应用多样、调整、廉价的检测设备是实现逆向工程的必要前提。

0.2　本课程的性质、任务和学习方法

本课程是高职高专“模具设计与制造”专业的主要专业课之一，它的教学内容与机械制图、公差配合、金属材料及热处理、机械设计基础、模具制造工艺学等课程密切相关。因此，本课程的教学内容有的是在学过上述课程的基础上加以具体应用，有的是在该基础上延展和加深。

本课程的教学内容，围绕模塑成型设备、成型工艺与模具设计三大主题，在教学过程中体现高职高专特色，除讲述必要的基本理论、基本知识之外，还密切联系实际，以培养学生

从事塑料成型工艺编制和模具设计基本技能为核心。本课程的重点内容是“塑料注射模具设计”，本着“由浅入深、循序渐进”的教学原则，在讲述模塑成型设备、成型工艺与模具设计时，可根据各院校专业培养方案课程安排的具体情况，在教学内容上作适当调整。在教学过程中，各校要利用实训和校企合作机会建成以案例和模具现场教学为主的教学方法，利用实物的现场讲解来激发学生的学习兴趣和理解有关知识，同时通过课后让学生进行模具拆装实验来验证所学知识和设计方法，以达到教师在“做中教”，学生在“做中学”的目的，营造实际工程氛围和环境，让学生将课堂知识与实际应用相结合。

塑料模具设计是一项综合运用有关基本知识的技术工作，它与塑料性能、成型工艺、塑件设计、成型设备等紧密关联。因此，本课程还扼要介绍常用塑料的性能及用途，塑料的主要成型方法、基本原理及特点，塑件结构设计的基本原则，成型设备的主要技术规范等内容。

本课程的任务是要求学生掌握常见的塑料注射成型、压缩成型及挤出成型等工艺编制和模具设计，熟悉模具的结构特点、有关设计计算方法以及上述成型工艺方法的基本原理和工艺参数，培养学生具有能够编制塑料成型工艺规程及设计塑料模具的基本能力。

本课程是一门实践性和综合性很强的课程，因此在学习时，学生应注意理论与实践相结合，重视所安排的实训教学各环节。做到学习新内容之前进行预习，认真听讲，做好学习笔记，复习好每次的所学内容，及时完成作业，特别是系列化的作业，以巩固所学内容。充分利用多媒体教学条件和学校的模具陈列室，有条件时还可利用互联网上的资源，加强自身的自学能力，参考有关资料。同时，学习时要善于总结和交流，勤于思考，注意理解基本概念、基本理论，发挥空间想象能力，应用所学相关知识。

第 1 章

塑　料

学习目标

1. 理解塑料的概念，各组成物的作用，塑料的分类。
2. 理解热固性、热塑性塑料两个概念，二者的区别。
3. 熟悉并掌握塑料的工艺性能并了解塑料的使用性能及用途。
4. 了解塑料改性的方法和塑料鉴别常用的方法。

学习建议

1. 找出 3～5 种生活用品观察，学习塑料的概念，了解塑料的使用性能及用途。

2. 学习塑料各组成物的作用、塑料的分类，理解热固性、热塑性塑料两个概念。

3. 参照图 1.1，学习塑料的收缩率、流动性、结晶性、热敏性和水敏性、应力开裂与熔体破裂等热塑性塑料和热固性塑料工艺性能，参照表 1.1 和表 1.2 进一步熟悉塑料的工艺性能，注意总结。

4. 学习塑料改性方法和塑料鉴别方法。

1.1　塑料及其性能

1.1.1　塑料的组成

塑料是以树脂为主，加入不同添加剂，在一定的温度和压力下塑化成型的高分子材料。

1. 树脂

树脂包括天然树脂和人工合成树脂。由于天然树脂产量有限，生产中很少采用天然树脂，主要采用人工合成树脂。树脂的作用是胶粘其他成分材料，赋予塑料可塑性和流动性。不同的树脂，决定塑料的不同类型，树脂在塑料中一般含量为 40%～100%。添加剂主要有填充剂、增塑剂、固化剂、稳定剂、发泡剂、润滑剂、着色剂,添加剂直接影响其物理、力学、化学性能等。

2. 填充剂

填充剂是塑料中的重要成分。加入量可达 40%～50%，常用的填充剂有碳酸钙、碳黑、玻璃纤维等。

加入填充剂的作用有两个。一是增量，增加塑料的体积或重量，明显减少树脂用量，降低成本。二是改性，例如导热性、膨胀性、耐热性、硬度、收缩性、尺寸稳定性等，扩大它的使用范围，如酚醛树脂中加入木粉后，克服脆性，提高弹性；聚乙烯中加入钙质填料，提高了耐热性和刚度等。

填充剂的形状一般为粉状，也有纤维状和层状，不管填充剂的形状如何，对其要求有容易被树脂浸润，与树脂粘附很好，性质稳定又易分散，对设备的磨损不严重。

3．增塑剂

增塑剂是能够增加塑料的可加工性、延展性和膨胀性的物质；它是能与树脂相溶、不易挥发的高沸点有机化合物。如氯化石蜡、磷酸脂类、苯二甲酸脂类等。

加入增塑剂的作用是：提高塑性、流动性和柔软性；降低刚性和脆性；改善塑料的工艺性能和使用性能。在聚氯乙烯、硝酸纤维、醋酸纤维中均需加入增塑剂以改善成型性能，提高塑料的软性及其他必要的性能。

增塑剂是液态或低熔点固态物质，具有无毒、无臭味、无色、对光和热比较稳定、挥发性小且与树脂有良好的相容性。

4．固化剂

固化剂主要用于热固性塑料。它的作用是热固性塑料在成型时，其原来的线型分子结构变为体型分子结构，硬化过程加速，固化剂又称为硬化剂。如在环氧树脂中加乙二胺，在酚醛树脂中加入六甲基四胺，就是这个道理。

5．稳定剂

凡能阻缓材料变质的物质称为稳定剂。稳定剂可分为三种：热稳定剂（它的主要作用是抑制或防止树脂在加工或使用过程中受热而降解）、光稳定剂（它的主要作用是阻止树脂在光的作用下降解，如塑料变色、力学性能下降等）、抗氧化剂（延缓或抑制塑料氧化速度）。

塑件在使用中，能耐热、光、空气、霉菌等。当使用环境较差时，往往会给塑件带来较大的影响，降低其使用寿命。为此，在配料时加入稳定剂。

稳定剂具有耐油、耐水、耐化学腐蚀，抗老化，在成型过程中挥发小、不分解、无色、能与树脂很好相溶等性能。常用的稳定剂是硬脂酸盐，环氧化合物等。

6．发泡剂

为了制成泡沫塑料，在树脂中加入某种物质，如石油醚等，使树脂膨胀，这些物质称为发泡剂。

7．润滑剂

润滑剂是为防止塑料在成型过程中粘模，减少塑料对模具的摩擦，改善塑料的流动性，提高塑件表面的光泽度而加入的添加剂。

8．着色剂

一般将颜料或染料称为着色剂，起装饰美观的作用，某些着色剂还能提高塑料的光稳定性、热稳定性和耐候性。

对着色剂的具体要求是：色彩鲜艳，着色力大；在塑料中分散良好；耐热、耐光、耐候性好；耐溶剂性和化学稳定性好；对塑料的加工性能和使用性能无明显影响；无毒、无污染和价廉。

除上述添加剂外，还有阻燃剂、抗静电剂、防腐剂和加工助剂等，并非每种塑料都要加入全部的添加剂，根据塑料品种和需求有选择地加入某些添加剂。

1.1.2 塑料的分类

塑料的品种有 300 多种，常用的塑料也有 30 多种，为了便于识别和使用，需要对塑料进

行分类。

1．按合成树脂的分子结构及热性能分类

按合成树脂的分子结构及热性能分为热塑性塑料和热固性塑料。

（1）热塑性塑料 在特定温度范围内能反复加热软化和冷却硬化的塑料，其分子结构是线型或支链型结构。这类塑料在成型过程中只有物理变化，无化学变化，因而受热后可多次成型，变化过程是可逆的，废料可回收再利用。如聚乙烯，聚氯乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、聚碳酸酯、ABS、聚甲醛、尼龙及有机玻璃等。

（2）热固性塑料 在受热或其他条件下能固化成不熔不溶性物质的塑料，其分子结构最终为体型结构。这类塑料在成型受热时发生化学变化使线型分子结构转变为体型分子结构，变化过程是不可逆的，废料不能再回收利用。如酚醛塑料、氨基塑料、环氧塑料、不饱和聚酯塑料、三聚氰胺塑料等。

2．按塑料的使用特性分类

按塑料的使用特性分类可分为通用塑料、工程塑料和功能塑料。

（1）通用塑料

通用塑料是指一般只能作为非结构材料使用，产量大，用途广，价格低，性能普通的一类塑料。主要有聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、酚醛塑料和氨基塑料六大品种，约占塑料总产量的75%以上。

（2）工程塑料

工程塑料一般是指能承受一定的外力作用，并有良好的机械性能和尺寸稳定性，在高、低温下仍能保持其优良性能，可以作为工程结构件的塑料。主要有聚酰胺（尼龙）、聚碳酸酯、聚甲醛、ABS、聚苯醚、聚砜、聚酯及各种增强塑料。

工程塑料与通用塑料相比产量小，价格较高，具有优异的机械性能、电性能、化学性能、耐磨性、耐热性、耐腐蚀性、自润滑性及尺寸稳定性，即具有某些金属性能，因而可代替一些金属材料用于制造结构零部件和传动结构零部件等。

（3）特种塑料

特种塑料一般是指具有特种功能（如耐热、自润滑等）应用于特殊要求的塑料。主要有医用塑料、光敏塑料、导磁塑料、高耐热性塑料及高频绝缘性塑料等。这类塑料产量小，价格较贵，性能优异。

1.1.3 塑料的性能

1．塑料的使用性能

塑料的使用性能主要有以下特点。

（1）质量轻。塑料的密度一般在0.9g/cm^3～2.3g/cm^{3}范围内，约为铝的1/2，铜的1/6。

（2）比强度和比刚度高。塑料的强度和刚度虽然不如金属好，但塑料的密度小，所以其比强度（σ/ρ）和比刚度（E/ρ）相当高。如玻璃纤维增强塑料和碳纤维增强塑料的比强度和比刚度比钢材好。

（3）化学稳定性好。塑料对酸、碱等化学药物具有良好的抗腐蚀能力。因此，在化工设备以及日用和工业品中得到广泛应用。

（4）电绝缘性能好。塑料具有优越的电绝缘性能和耐电弧特性，所以广泛应用于电机、

电器和电子工业中做结构零件和绝缘材料。

（5）耐磨和减磨性能好。塑料的摩擦系数小，耐磨性强，可以作为减摩材料，如用来制造轴承、齿轮等零件。

（6）消声和吸振性能好。用塑料制成的传动摩擦零件，噪声小，吸振性好。

2．热塑性塑料的成型工艺性能

（1）收缩性

塑件从温度较高的模具中取出冷却到室温后，其尺寸或体积发生收缩的现象，称为收缩性。它可用相对收缩量的百分率表示，即收缩率（S）。收缩不仅与热胀冷缩有关，还与各种成型因素有关，因此成型后塑件的收缩，称为成型收缩。

塑料的成型收缩的大小可用塑料制件的实际收缩率 $S_{实}$ 来表示，即

$$S_{实}=\frac{a-b}{b}\times 100\%$$

式中，a —成型温度时的塑件尺寸；

b —常温时的塑件尺寸。

由于成型温度时的塑件尺寸无法测量，因此常采用常温时模具的型腔尺寸取代，故有

$$S_{计}=\frac{c-b}{b}\times 100\%$$

式中，c — 常温时模具的型腔尺寸；

$S_{计}$— 塑料制件的计算收缩率。

不同种塑料收缩率不同，同一种塑料批号不同，收缩率也不同。结晶型塑料收缩率一般为 1.2%～4.0%，非结晶型塑料的收缩率一般为 0.2%～1.0%。塑料的收缩率数值大，且变化范围大，给塑件的尺寸控制带来困难。

① 影响热塑性塑料成型收缩的主要因素

• 热收缩　塑料因加热或冷却而按本身热膨胀系数进行膨胀或收缩，塑料的线膨胀系数大于钢，因此塑件冷却收缩比模具大，脱模后的塑件尺寸小于型腔相应尺寸。

• 弹性恢复　熔料在成型压力下压缩，脱模后压力消失，产生弹性恢复而使塑件体积膨胀。

• 结晶收缩　结晶塑料成型冷却过程中，因结晶引起体积收缩，内应力强。塑件内残余应力大，结晶度越高，体积收缩越大。

• 收缩的方向性　成型时分子沿着流动方向取向，冷却中被强烈定向的分子要恢复原来状态，引起收缩。分子定向强的塑料，成型收缩率在塑料熔体流动方向上大，在垂直于塑料熔体流动方向上小，因而使塑件产生各向异性。另外，成型时各部位密度及填料不均，也会使收缩不均匀。收缩的方向性和不均匀性，易使塑件变形、翘曲和裂纹。

• 塑件结构　一般随着壁厚的增加，收缩率增大。熔料与型腔表面形成低密度外壳，塑料导热性差，壁越厚则内部冷却越慢，收缩率增大。形状复杂塑件小于形状简单塑件的收缩率。

• 浇口形式、尺寸及其分布　采用直接浇口或大截面浇口时收缩小，但方向性明显；浇口厚度过小，浇口先硬化，成型压力作用减小，收缩变大；反之塑件致密，收缩小。距浇口近的或与料流方向平行的部位收缩大。熔料在模腔中流动距离越长，收缩越大。浇口位置和

数量不同，则熔体流向和流程不同，影响分子链的取向方向和程度，不仅影响收缩率的大小，而且使塑件各部位和各方向收缩不同。

- 成型工艺条件 型腔内压力越高，弹性恢复越大，收缩率越小。保压时间长，则收缩小，但方向性明显。料温越高，热胀冷缩就越大，成型收缩率也增大；但引起粘度减小，有利于压力传递，会减小收缩，因此对于粘度大或粘度对温度不敏感的塑料，收缩率增大，对于粘度小或粘度对温度敏感的塑料，收缩率减小。注射时间越短，收缩率越大。模温高，熔料冷却慢，密度高，收缩大，尤其结晶塑料，结晶充分，收缩率增大。冷却时间长，冷却均匀，硬化充分，收缩率小，对于非结晶塑料，冷却时间影响较小。

影响收缩率的因素很多，要确定收缩率的值非常困难，而且复杂。在模具设计时，综合考虑各种因素的影响，按经验确定塑件各部位的收缩率。对于精度要求较高塑件，应留有修模余地。

② 收缩的形式

- 线尺寸收缩 由于热胀冷缩，脱模时弹性恢复及塑性变形等原因，塑件脱模冷却到室温后，其尺寸缩小。因此，设计模具成型零件时必须予以补偿，避免尺寸超差。
- 后收缩 塑件脱模后，因各种残余应力趋向平衡而产生时效变形，引起塑件尺寸缩小的现象，称为后收缩。在成型过程中，由于塑料熔体在温度和压力下变形流动非常复杂，塑化不均，充模后冷却速度不同等因素的影响，使塑件内出现结晶不均的情况；取向和收缩等一系列应力的作用，脱模后除引起时效变形外，还会使塑件的力学性能、光学性能及表观质量变坏，严重时会开裂。

一般压注和注射成型的塑件后收缩大于压缩成型塑件，热塑性塑料的后收缩大于热固性塑料的后收缩。非结晶塑料在脱模 24h 后，基本上完成收缩，但结晶形塑料需很长时间才能达到最终稳定状态。塑件成型时，由于各种成型因素的影响，塑件内存在残余应力，塑件脱模后残余应力发生变化，使塑件发生再收缩。一般塑件在脱模后 10h 内收缩变化最大，24h 后基本稳定，但最后稳定要经 30～60 天。

- 后处理收缩 为了消除或减小后收缩对塑件的影响，稳定成型后的尺寸，对成型后塑件进行适当热处理，热处理后也会使塑件尺寸发生变化，称为后处理收缩。常用的后处理方法有退火和调湿处理。

退火可以消除或降低塑件成型后的残余应力，解除取向，降低塑件硬度和提高韧性。

调湿处理主要用于因吸湿很强而产生较大尺寸变化，又易氧化的聚酰胺等塑件，调整其含水量。调湿处理用沸水或醋酸钾溶液，加热温度 100℃～121℃。

在模具设计时，对于高精度塑件应考虑后收缩和后处理收缩的误差，并予以补偿。

（2）流动性

塑料在一定的温度及压力作用下，充满模具型腔的能力，称为流动性。可用熔体指数和阿基米德螺旋线长度来表示流动性大小，多数采用熔体指数来表示。

① 流动性分类

按照模具设计要求，大致可将热塑性塑料的流动性分三类。

- 流动性好的塑料 尼龙、聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、醋酸纤维素及聚 4-甲基戊烯等。
- 流动性中等的塑料 改性聚苯乙烯、ABS、AS、有机玻璃、聚甲醛、聚氯醚及聚甲

基丙烯酸甲酯等。

- 流动性差的塑料　聚碳酸酯、硬质聚氯乙烯、聚苯醚、聚砜及氟塑料等。

② 影响流动性的因素

- 温度　一般料温较高时，熔体流动性增大，易于流动成型，但易分解而且脱模后收缩较大，因此料温要适宜才行。不同塑料对温度的敏感性不同，聚苯乙烯、聚丙烯、尼龙、有机玻璃、ABS、AS、聚碳酸酯及醋酸纤维素等塑料的流动性对温度变化较敏感，而聚乙烯和聚甲醛的流动性受温度变化影响较小。

- 压力　适当增加压力能降低熔体粘度，流动性增大。但压力过高会使塑件产生应力，而且会因熔体粘度过小，形成飞边。聚乙烯和聚甲醛的流动性对压力变化较敏感。

- 模具结构　浇注系统的形式，流道与浇口的布置，流道、浇口、模腔的尺寸，型腔表面粗糙度及型腔形状等因素，都会影响到熔料在型腔内的流动性。凡促使熔料温度降低，流动阻力增加的都会使流动性降低，因此模具设计时应考虑所用塑料的流动性，选用合理的模具结构。

（3）结晶性

热塑性塑料按其冷凝时是否出现结晶现象可划分为结晶型塑料与非结晶型（又称无定形）塑料两大类。塑料由熔融状态到冷凝后，分子排列有一定规律的一种现象称为结晶型塑料，无一定规律的称为非结晶型。

属结晶型塑料的有聚乙烯、聚丙烯、聚四氟乙烯、聚甲醛、尼龙、聚氯化醚、聚酯树脂及聚 4-甲基戊烯等，非结晶型塑料有聚苯乙烯、聚碳酸酯、聚砜、有机玻璃、ABS、聚氯乙烯及聚苯醚等。从表观特征来看，一般结晶型塑料是不透明或半透明的，非结晶型塑料是透明的。也有例外，如聚 4-甲基戊烯为结晶型塑料，却有高透明性；ABS 为非结晶型塑料，但不透明。

对于结晶型塑料在模具设计时应注意以下几点。

- 结晶型塑料上升到成型温度时需要热量多，应使用塑化能力强的设备。
- 冷凝结晶时放出的热量大，模具要充分冷却。
- 粘流态与固态的密度差值大，成型收缩也大，易发生缩孔和气泡。
- 塑件壁薄时，冷却快，结晶度低，收缩小。而厚壁塑件，冷却慢，结晶度高，收缩大，物理性能和力学性能好。因此，应根据塑件的要求严格控制模温。
- 各向异性明显，内应力大，脱模后未结晶化的分子有继续结晶化倾向，易产生翘曲和变型。
- 结晶熔点范围窄，易使未完全熔融塑料注入模具或堵塞浇口。

结晶和取向是在塑件成型过程中形成的，其方式与成型条件密切相关，并对塑件性能产生重大影响。结晶和取向只存在于具有线状结构的热塑性塑料中，不存在网状或体型结构的热固性塑料中。

（4）热敏性和水敏性

① 热敏性

热敏性是指某些塑料对热较为敏感，在高温下受热时间较长或进料口截面过小，剪切作用大时，料温增高易发生变色、降解、分解的倾向，具有这种特性的塑料称为热敏性塑料。具有热敏性的塑料，如硬聚氯乙烯、聚偏氯乙烯、醋酸乙烯共聚物、聚甲醛及聚三氟氯乙烯

等。热敏性塑料在成型过程中，很容易在不太高的温度下受热分解和热降解，或在料温高和受热时间较长的情况下，产生变色、降解及分解，从而影响塑件性能和表面质量等。

热敏性塑料在分解时还会放出一些挥发性气体，有的分解气体对人体、设备及模具有刺激、腐蚀或带有毒性，分解的气体还会成为继续分解的催化剂。

为避免热敏性塑料在成型中的分解和热降解，一方面在塑料中加入热稳定剂，另一方面合理选择设备（如螺杆式注射机），严格控制成型温度和成型周期，及时清理分解产物和滞料，模具型腔表面镀铬等措施。

② 水敏性

在高温下，熔料对水降解的敏感性，称为水敏性。具有水敏性的塑料，称为水敏性塑料，如聚碳酸酯等。水敏性塑料在成型中，即使含有少量水分，也会在高温及高压下发生水解，因此这类塑料在成型前必须进行干燥处理。

（5）应力开裂与熔体破裂

① 应力开裂

有些塑料在成型时易产生内应力而使塑件质脆易裂，塑件在不大的外力或溶剂作用下即发生开裂，这种现象称为应力开裂。这类塑料有聚苯乙烯、聚碳酸酯及聚砜等。

内应力的产生形式是多种多样的，如塑料熔体被注入型腔后，随着压实和补缩，熔体内形成压应力，若冷却速度快，应力松弛时间短，塑件就会存有较大内应力。充模时与模具接触那层熔体迅速冷却凝固，而向中心冷却缓慢，使塑件在厚度方向上应力分布不均。塑件各部位结构不同，对熔体流动阻力不同，使塑件各部位密度和收缩不均，而产生应力。塑件内含有嵌件，阻碍自由收缩而产生应力等。

为防止塑件应力开裂，在塑料中加入增强填料提高抗裂性；合理布置浇口位置和顶出位置，减小残余应力或脱模力；对塑件进行热处理，消除内应力；使用时禁止与溶剂接触等措施，都可以减小或消除内应力。

② 熔体破裂

熔体破裂是指具有一定熔融指数的塑料，在恒温下通过喷嘴孔时，其流速超过一定值后，熔体表面发生明显的横向裂纹的现象。常出现熔体破裂的热塑性塑料有聚乙烯、聚丙烯、聚碳酸酯、聚砜及氟塑料等。

产生熔体破裂的原因是成型过程中切应力或切变速率过大而引起的成型缺陷，影响塑件的外观和性能。因此，需选用熔体指数较大的塑料，适当地增大喷嘴、流道和浇口的截面积，降低注射速度，提高熔体温度等，减缓或消除熔体破裂现象。

（6）吸湿性

吸湿性是指塑料对水分子的亲疏程度。根据这种亲疏程度，塑料大致可分为两种类型，一种是具有吸湿或粘附水分的塑料，如纤维素塑料、有机玻璃、尼龙、聚碳酸酯、ABS、聚砜及聚苯醚等；另一种是不吸湿也不粘附水分的塑料，如聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯及氟塑料等。

凡是具有吸湿或粘附水分的塑料，如果水分含量超过一定限度，在成型加工过程中变成水气，将会促使塑料高温水解，使熔体起泡和粘度下降，影响塑件外观，机械强度下降。因此对吸湿性强的塑料，在成型前必须进行干燥处理。

（7）塑料状态与加工性

塑料在不同的温度下有三种状态：玻璃态、高弹态和粘流态，塑料状态与加工性关系图如图 1.1 所示。

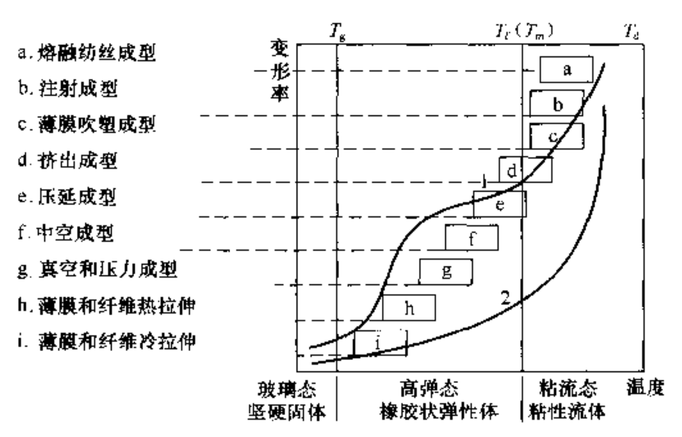


图 1.1　塑料状态与加工性关系图

1—非结晶型塑料；2—结晶型塑料；T_g—玻璃化温度；T_f—非结晶型塑料流动温度；

T_m—结晶型塑料熔融温度（熔点）；T_d—热分解温度

在玻璃化温度以下，高聚物处于玻璃态（结晶型高聚物为结晶态），是坚硬的固体。处于玻璃态的高聚物只能进行一些车、铣、削、刨等小变形量的机械加工，这一聚集态也是高聚物的使用态。在玻璃化温度与粘流温度之间，高聚物处于高弹态，其变形能力显著增大，但变形仍具可逆性。在这种状态下，可进行真空、压延、弯曲、中空、冲压、锻压等成型加工。进行上述成型加工时，应充分考虑到它的可逆性，为了得到符合形状和尺寸要求的塑料制品，必须将成型后的制品迅速冷却到玻璃化温度以下。对结晶型高聚物，可在玻璃化温度至熔点的温度区间内进行薄膜吹塑和纤维拉伸。当温度升至粘流温度（或熔点）以上时，高聚物呈粘性流体状态，通常把这种液体状态的高聚物称为熔体。在这种状态下进行的成型加工具有不可逆性，一经成型和冷却后，其形状永远保持下来，在这种状态下可进行注射、吹塑、挤出、纺丝、贴合等成型加工。当温度高至分解温度时，还会引起高聚物的分解变质。因此，粘流温度（或熔融温度）、分解温度是高聚物进行成型加工时的重要参考温度。

常用热塑性塑料工艺性能体现出的成型特性与主要技术指标见表 1.1。

表 1.1　　常用热塑性塑料的成型特性与主要技术指标

塑料名称	成型特性	主要技术指标	
		收缩率/S	熔点/℃
聚乙烯（PE）（低压）	①结晶型塑料，吸湿性小 ②流动性极好，溢流间隙值为 0.2mm 左右，流动性对压力变化敏感 ③加热时间长则发生分解 ④冷却速度快，必须充分冷却，设计模具时应设冷料穴和冷却系统 ⑤收缩性大，方向性明显，易变形翘曲，结晶度及模具冷却条件对收缩率影响大，应控制模温	高密度 1.5～3.0	高密度 105～137 低密度 105～125

续表

塑料名称	成型特性	主要技术指标	
		收缩率/S	熔点/℃
聚乙烯（PE） （低压）	⑥易用高压注射，料温要均匀，填充速度应快，保压要充分 ⑦不易采用直接浇口注射，否则会增加内应力，使收缩不均匀和方向性明显，应注意选择浇口位置	高密度 1.5～3.0	高密度 105～137 低密度 105～125
聚丙烯（PP）	①结晶型塑料，吸湿性小，易发生分解 ②流动性极好 ③冷却速度快，浇注及冷却系统应缓慢散热 ④收缩率大，易发生缩孔、变形，方向性明显 ⑤应注意控制成型温度，料温低则方向性明显，模温低于 50℃,塑件不光泽，易产生焊接不良，有流痕；模温高于 90℃,则易发生翘曲和变形 ⑥塑件厚度要均匀，避免缺口，尖角	纯： 1.0～3.0 玻璃纤维 增强： 0.4～0.8	纯： 170～176 玻璃纤维 增强： 170～180
聚氯乙烯 （PVC） （硬质）	①非结晶型塑料，吸湿性小，极易分解 ②流动性差 ③成型温度范围小，应严格控制料温 ④模具浇注系统应短粗，浇口截面积要大，不要有死角	硬： 0.6～1.0 软： 1.5～2.5	硬： 160～212 软： 110～160
聚酰胺 （PA） （尼龙）	①结晶型塑料，吸湿性大，易分解 ②流动性极好 ③收缩率大，方向性明显，易发生缩孔和变形 ④应注意控制模温，否则对结晶度和塑件性能有影响 ⑤可采用各种形式的浇口，流道和浇口截面尺寸大一些为好，以利于成型 ⑥塑件壁不宜太厚，并应均匀	纵向： 1.3～2.3 横向： 0.7～1.7	205
聚甲醛 （POM）	①结晶型塑料，吸湿性大，极易分解 ②流动性中等，并且对注射压力变化十分敏感 ③结晶度高，结晶时体积变化大，收缩率大 ④模具应加热，而且加热温度较高，并注意正确控制模温，以保证塑件质量。喷嘴应单独加热，并适当控制喷嘴温度 ⑤模具浇注系统对料流阻力较小，浇口截面宜取大一些，避免死角积料	1.5～3.0	180～200
聚碳酸酯 （PC）	①非结晶型塑料，吸湿性极小，不易分解 ②流动性差，并且对温度变化很敏感 ③成型收缩率小，塑件精度高 ④模具应加热，模温对塑件质量影响较大，应正确控制模温 ⑤熔融温度高，粘度较大，冷却速度快，模具浇注系统应以粗短为宜。并设冷料穴，宜采用直接浇口 ⑥塑件壁不宜太厚，应均匀，避免有尖角和缺口	纯： 0.5～0.7 20%～30% 短玻璃 纤维增强： 0.05～0.5	纯： 225～250 20%～30% 短玻璃纤维增强： 235～245
聚砜 （PSF）	①非结晶型塑料，吸湿性极大 ②流动性差，并且对温度变化敏感，冷却速度快 ③成型温度高，宜采用高压成型。压力过低时塑件表面易产生波纹、气泡和凹痕，压力过高则脱模困难 ④模具浇注系统应粗而短，散热慢，阴力小，宜用直通式喷嘴 ⑤模具要加热，模温视壁厚而定	纯： 0.5～0.6 20%玻璃纤维增强：0.3～0.4	纯： 250～280

续表

塑料名称	成型特性	主要技术指标	
		收缩率/S	熔点/℃
聚苯醚（PPO）	①非结晶型塑料，吸湿性极小，易分解 ②流动性差，且对温度变化敏感，凝固速度快，成型收缩小 ③宜采用高压、高速注射，保压和冷却时间不宜过长 ④模具要加热，模温要控制，以保证塑件的质量 ⑤模具进料口锥度宜大并采用拉料杆，浇注系统对料流阻力较小，采用直接浇口，流道要短粗	0.4～0.7	300
氟塑料	①非结晶型塑料，吸湿性极小 ②热敏性强，极易分解 ③流动性差，熔融温度高，成型温度范围窄，要高温高压成型 ④模具应加热，并控制模温 ⑤模具系统对料流阻力较小	—	—
聚对苯二甲酸乙二酯（PET）	①PET 是结晶性聚合物,有一定的吸水性 ②加工温度范围较窄（270℃～290℃），温度高于 300℃，则发生分解 ③成型加工后制品内常残留有一定内应力，需进行后处理 ④结晶速度慢，采用高模温（100℃～130℃）。	1.8 玻璃纤维 0.2～1.0	265
聚对苯二甲酸丁二酯（PBT）	①结晶型塑料,结晶速度快 ②流动性好 ③PBT 吸水率是工程塑料中最低的品种 ④在注射成型过程中，注射螺杆均用突变型 塑料，在料筒中的停留时间不宜过长	1.7～2.3	225～235
聚苯乙烯（PS）	①非结晶型塑料，吸湿性小，不易分解，性脆易断，热膨胀系数大，易产生内应力 ②流动性好 ③宜用高料温，高模温，低注射压力，延长注射时间有利于降低内应力，防止缩孔和变形 ④可采用各种形式的浇口，浇口与塑件连接处应圆滑过渡。脱模斜度取 2°以上，顶出力要均匀 ⑤塑料壁厚应均匀，不宜有嵌件、缺口、尖角，各面应圆滑连接	一般型： 0.5～0.6 冲击型： 0.3～0.6	一般型：131～165
苯乙烯-丁二烯-丙烯腈共聚物（ABS）	①非结晶型塑料，吸湿性强，要充分干燥 ②流动性中等 ③宜用高料温、高模温、较高压力注射 ④模具浇注系统对料流阻力较小，应注意选择浇口的位置和形式。脱模斜度取 2°以上	0.4～0.7	130～160
改性聚甲基丙烯酸甲酯（PMMA）（有机玻璃）	①非结晶型塑料，吸湿性大，不易分解，性脆，表面硬度低 ②流动性中等 ③易用高压注射，并采用高料温和高模温，可增加流动性，降低内应力，减少方向性，改善透明性和强度 ④模具注射系统对料流阻力要小，脱模斜度应大一些	—	—

3．热固性塑料的成型工艺性能

（1）收缩性

热固性塑料成型收缩的形式及其影响因素与热塑性塑料类似。在模具设计时应根据影响因素综合考虑选取塑料的收缩率。

（2）流动性

热固性塑料的流动性通常用拉西格流动性来表示。将一定重量的欲测塑料预压成圆锭，再将圆锭放入压模中，在一定的温度和压力下，测定它在 3min 内从模孔中挤出的塑料条长度（毛糙部分不计在内，以 mm 计），即拉西格流动性，这一长度值愈大，则此种热固性塑料的流动性愈好。

每一品种的塑料通常分三个不同等级的流动性，以供不同塑件及成型工艺选用。流动性好的塑料，在成型时易溢料，填充型腔不密实，塑件组织疏松，影响塑料力学性能和电性能，树脂及填料分头聚集，易粘模，清理困难及过早固化等。流动性差的塑料即使增大压力也会填充不足，不易成型。因此，选用塑料的流动性应与塑件结构和要求、成型工艺及成型条件相适应，对面积大、嵌件多及薄壁复杂塑件，应选流动性好的塑料。模具设计时应根据塑料流动性来设计模具浇注系统、分型面及进料的方向。

影响热固性塑料流动性的因素如下。

- 塑料的填料及润滑剂　填料不同，流动性也会不同，热固性塑料用木粉做填料时，流动性最好；用无机盐做填料时，流动性较差；用玻璃纤维和纺织物做填料时，流动性最差。添加润滑剂，流动性也会提高。
- 模具结构　模具型腔表面光滑，型腔形状简单，浇口位置、流道设计合理都可改善流动性。
- 成型工艺　采用压锭及预热，适当提高成型压力及在低于塑料硬化温度条件下提高成型温度，都能提高塑料的流动性。

（3）固化速度

固化速度是指热固性塑料在压制标准试样时，树脂分子由线型结构变成体型结构，在模具型腔内变成坚硬而不溶（不熔）固化状态的速度。通常以固化 1mm 厚的试样所需时间来表示，单位为 s/mm，此值越小，固化速度就越快。

固化速度与塑料品种、塑件壁厚、结构形状、成型温度、预热及预压等因素有关。另外，还与成型工艺方法有关，注射和压注成型要求在塑化及填充时化学反应要慢，硬化要慢，应保持较长时间的流动状态，当充满型腔后在高温和高压下快速硬化。

热固性塑料固化的速度有一定范围限制。如果固化速度太慢，则塑件成型周期长，生产率低；固化速度太快，成型形状复杂大制件时较困难，因为熔料在充模过程中已开始固化，型腔内尺寸较小的部位不易充满。

（4）水分及挥发物含量

塑料中的水分来源于塑料制造中未除净，或储存及运输中吸收的水分，以及成型过程中发生的化学反应的副产物。

塑料中适量的水分及挥发含量，在塑料成型中可起增塑作用，利于提高充模流动性，有利成型。塑料中水分及挥发物含量过多时，会引起熔料流动性过大，延长成型周期，塑件收缩率增大，易发生翘曲、变形，引起裂纹及表面粗糙度值增大，塑件性能降低，尤其是电绝

缘性能降低等。塑料中水分及挥发物含量不足时，流动性降低，成型困难，也不利于压锭。水分及挥发物在成型时变成气体，必须排出模外，否则影响塑件质量，因此模具设计时应开设必需的排气系统。

（5）颗粒度和均匀性

颗粒度是指塑料粉料颗粒的大小。均匀性是指颗粒相对大小的差异性。

成型加工时，颗粒细的塑料粉料流动性好，但预热不易均匀，成型周期长。颗粒太细，加料时易造成粉尘飞扬，污染环境和设备；颗粒太粗，塑件表面粗糙，会出现桔皮状凹痕。

颗粒度不均匀，由于运输中的振动，大小颗粒分层，大颗粒在上面，按体积加料时，会使塑件重量不准确。

（6）比容积和压缩率

比容积是指单位重量的松散塑料所占的体积，是粉料堆积密度的倒数，单位为 cm^3/g。压缩率是指塑料的体积与塑件的体积之比，比值恒大于 1。

比容积和压缩率都表示粉状或短纤维状塑料的松散程度，都可用来确定加料腔大小。比容积和压缩率大，则加料腔尺寸加大，浪费钢材，不利于加热，而且粉料内充气多，排气困难，成型周期长，生产率低。比容积和压缩率小，则加料腔尺寸可缩小，粉料内所含气体减少，成型过程中排气容易，而且压制压锭容易，重量也较准确。但比容积和压缩率太小，影响塑料的松散性，采用容积计量时重量不准。

比容积的大小也会因粉料颗粒度和均匀度不同而有误差。

热固性塑料在应力开裂、熔体破裂、热变形温度等工艺特性上与热塑性塑料相似。常用热固性塑料的成型特性和应用见表 1.2。

表 1.2　常用热固性塑料的成型特性和应用

塑料名称	成型特性和应用
酚醛塑料（PF）	1．含水分、发挥物等应预热排气 2．温度对流动性影响较大，一般超过 160℃流动性迅速下降 3．收缩及方向性较大 4．硬化速度慢，硬化时放出热量大，厚壁、大型塑料制品内部温度易过高，故易发生硬化不均及过热 5．成型性能好，适用于压缩成型，部分适用于压注成型，个别适用于注射成型
氨基塑料	1．含水分及发挥物多，易吸潮而结块，使用时预热干燥，要注意排气 2．成型温度对塑料的质量影响较大。温度过高易发生分解、变色、气泡、开裂、变形、色泽不匀；温度过低时则流动性差、欠压、不光泽，故应严格控制温度 3．流动性好，硬化速度快。因此装料、合模和加压速度要快 4．性脆、嵌件周围易应力集中，尺寸稳定性差 5．用于压缩和压注成型
有机硅塑料	1．压制温度较高，硬化速度慢，流动性好 2．压缩成型后，制品要经高温固化处理 3．适用于压缩成型 4．主要用于封闭电子元件的低压压注成型
环氧树脂（EP）	1．流动性好，收缩小 2．硬化速度快，装料后应立即加压成型，硬化时一般不需要排气 3．一般预热温度为 140℃～170℃，成型压力为 10MPa～20MPa

1.2 塑料的改性

目前，塑料品种的发展方向：一方面是开发新型塑料，另一方面是塑料的改性。由于目前以石油为原料的化学单体已被详细地研究，而且开发新的塑料品种费用巨大，因此，在多数情况下，是将现有的塑料通过各种手段加以改性，以满足成型性能和使用性能的要求。

塑料改性的方法有增强改性、填充改性、共聚改性、共混改性（高分子合金）、低发泡改性、电镀改性等。其中增强改性和填充改性是当前最主要的方法，当然增强改性在许多情况下也是以填充改性方式进行的。

1.2.1 增强改性

塑料增强改性的目的是改善塑料的力学性能、电性能及热性能等。所用的增强剂有玻璃纤维、石棉纤维、碳纤维、硼纤维、石墨纤维、玻璃微珠以及高强度的热塑性塑料等。近来又发展了以无机物晶须和合成纤维作为增强剂，但一般以玻璃纤维为主。经增强改性后的塑料称为增强塑料（RP）。

和未增强的塑料相比，增强塑料有如下的优越性能。

（1）提高了力学性能。如抗拉强度、抗弯强度、疲劳强度、抗蠕变性、刚度和表面硬度等，其力学强度达到甚至超过了普通钢，其比强度达到甚至超过合金钢。

（2）改善了热性能。如提高了热变形温度，降低了线膨胀系数，提高了导热系数，改善了阻燃性等。

（3）降低了吸水性。提高了尺寸稳定性。

（4）改善了电性能。如抑制应力裂等。但是，增强塑料制品接缝强度和光泽性、透光率有所降低，有些增强塑料的力学性能、成型收缩率和线膨胀系数会出现不同程度的方向性。

显然，如果塑料的配方和增强剂的品种、纤维长度、含量等的不同，增强效果就不同。在生产中是根据使用性能要求和成型加工的需要及制造的可能性选择适当的塑料配方及增强剂的。

按塑料的类型不同，增强塑料有热固性增强塑料和热塑性增强塑料。

（1）热固性增强塑料

热固性增强塑料是以树脂、增强剂和其他添加剂组成，其中树脂作为粘结剂。可制成增强塑料的热固性树脂有酚醛树脂、氨基树脂、环氧树脂、聚邻苯二田甲酸二烯丙酯、不饱和聚酯等。增强剂的品种规格很多，多数是采用玻璃纤维，一般含量为60%。其他添加剂有调节粘度的稀释剂、玻璃纤维表面处理剂，还有改进流动性、降低收缩性、提高光泽度和耐磨性等的各种填料着色剂等。

经增强的热固性塑料，冲击韧度等力学性能大为提高，使用性能得到改善（见表1.3）。

表 1.3　　玻璃钢与某些金属的性能比较

材料名称	密度ρ/（$g \cdot cm^{-3}$）	强度δ_b/MPa	比强度/（$cm^2 \cdot s^{-2}$）
高级合金钢	8.0	1280	1.6×10^6
Q235	7.85	400	0.5×10^6
LY12	2.8	420	1.6×10^6
环氧玻璃钢	1.73	500	2.8×10^6
聚酯玻璃钢	1.80	290	1.6×10^6
酚醛玻璃钢	1.80	290	1.6×10^6

但成型性能发生了不利的变化，主要表现在流动性下降，压缩比增大，收缩率小，也有方向性，制品容易产生熔接不良、变形、翘曲等缺陷，不易脱模。因此，应注意控制成型温度和压力；注意加压方向选择；注意模具结构设计，如加大加料腔、脱模斜度以及型芯、推杆的强度；还应注意制品的结构工艺性设计。

（2）热塑性增强塑料

热塑性增强塑料一般由树脂、增强剂及其他添加剂所组成。目前常用的树脂有聚酰胺、聚苯乙烯、ABS、聚碳酸酯、线型聚树脂、聚乙烯、聚丙烯、聚甲醛、聚砜、聚芳酯等。增强剂一般为玻璃纤维，其含量一般为 20%～40%。经增强的热塑性塑料，其性能得到改善，现举例如下。

① 增强聚酰胺

增强聚酰胺是增强塑料中应用最广泛的一种。未增强的聚酰胺缺点是耐热性不高，热稳定性较差，吸水性较大，其制品的尺寸稳定性不够好等，经玻璃纤维增强后的聚酰胺，其力学强度、尺寸稳定性、耐热性等明显得到提高，耐疲劳强度为未增强的聚酰胺的 2.5 倍，抗蠕变性能也大幅度增强；热变形温度大为提高，如未增强的聚酰胺 6 热变形温度为 66℃，经 30%长玻璃纤维增强后，热变形温度高达 216℃；线膨胀系数显著减小，尺寸稳定性大幅度提高，在尺寸精度上可以得到接近金属材料的制品。但增强聚酰胺的流动性较差，因而注射成型时，其注射压力、速度和料筒温度应适当提高。

② 增强聚碳酸酯

聚碳酸酯的耐疲劳强度低，使用中容易产生应力开裂等。经玻璃纤维增强后明显提高了耐疲劳强度，改善了应力开裂性，未增强的疲劳强度一般为 7MPa～10MPa，而加入 20%玻璃纤维后，其疲劳强度可达 40MPa。增强聚碳酸酯的线膨胀系数达到一般轻金属水平，因而在注射成型带有金属嵌件的聚碳酸酯制品时，金属嵌件与塑料在冷却时由于收缩不一致而产生的应力大为减小。增强聚碳酸酯的其他力学强度及耐热性均有较大幅度提高，成型收缩率进一步减小。但增强聚碳酸酯冲击韧度有所降低，制品失去透明性。

③ 增强聚甲醛

聚甲醛是一种良好的工程材料，但热稳定性较差，容易老化。而增强聚甲醛的强度、刚度、热变形温度、抗蠕变能力、耐老化性等大大提高，如含有 25%玻璃纤维的增强共聚甲醛与增强前的相比，强度和刚度分别提高了 2 倍和 3 倍。但玻璃纤维增强的聚甲醛，在成型时，由于玻璃纤维沿流动方向上取向，因而造成流动方向与垂直于流动方向上性能和收缩率的差异，从而导致制品翘曲和变形。为了克服这种缺陷，采用玻璃微珠增强聚甲

醛，虽然影响了强度提高的幅度，但其刚度、热变形温度仍有较大提高，成型收缩率和变形却大为减小。

增强玻璃纤维的取向在增强聚酰胺、增强聚碳酸酯、增强聚丙烯等塑料中同样存在。

以上列举的是以玻璃纤维为增强剂的情况，如果采用其他增强剂，则可以达到各具特点的增强目的，如碳纤维增强聚四氟乙烯，使其抗压强度、耐蠕变性以及在水中的耐磨性均得到大幅度提高；ABS 塑料增强聚苯醚可以大幅度提高其抗冲击能力等。

增强的热塑性塑料对成型性有不利的影响，流动性下降，异向性明显，脱模不良、模具磨损增大，纤维表面处理剂易挥发成气体等，这些变化在成型工艺及模具设计中应加以注意，并采取相应措施予以解决。

1.2.2 塑料的其他改性

塑料除了增强改性之外，还广泛采用了共混、填充改性方法。这些改性方法针对性强，效果也很显著，现举例如下。

（1）填充改性

青铜等金属粉末填充聚四氟乙烯，以进一步提高聚四氟乙烯的力学性能，改善其导热性；用云母片填充聚对苯二甲乙二（醇）酯玻璃纤维增强塑料，可得到低翘曲变形的聚对苯二甲酸乙二（醇）酯增强塑料。总之，可根据塑料成品的使用工艺性要求，有针对性地加入某些填料，以改善其性能，同时又降低塑料的成本。

（2）共聚改性

用两种或两种以上单体共聚而成的共聚物，在合成树脂中所占比例不小。这实质上是对塑料的一种改性。例如 ABS 塑料综合了丙烯腈、丁二烯和苯乙烯三种组成物的性能；乙烯—丙烯共聚物塑料具有良好成型性能，制品的韧性好等优点。

（3）共混改性

聚碳酸酯和聚乙烯共混，可使聚碳酸酯熔体粘度降低，成型加工性能改善，抗冲击能力进一步提高，耐应力开裂性得到改善；聚苯乙烯与橡胶共混制造高抗冲击聚苯乙烯，以克服聚苯乙烯脆性较大的缺点。

（4）电镀改性

过去用于电镀的塑料绝大部分是 ABS 塑料。由于对电镀塑料的耐热性、强度和刚度提出更高要求，因而开发了电镀聚酰胺。用于电镀的聚酰胺是以矿物为填料进行填充改性的，它具有优异的强度、刚度、耐热性和尺寸稳定性。经过电镀后，其抗弯模量和热变形温度进一步得到提高。

（5）低发泡改性

低发泡改性聚苯醚可得到内部无应力、无缩孔的大型制品。它与其他改性聚苯醚方法相比，在相同质（重）量下，刚度高得多。与金属制品相比，在相同承载能力下，质（重）量只有金属的 20%～50%，单位质（重）量的刚度是钢的 7 倍，是锌的 20 倍，吸音效果可提高 10 倍。低发泡改性聚苯醚还具有优良的电绝缘性、隔热性、耐蚀性和阻燃性等。

塑料经增强、阻燃、填充等改性而成为一种新型结构材料（即塑料合金）已经成为世界研究开发的热点。纳米塑料、汽车及家电专用塑料、环境友好改性塑料、木塑复合材料、稀土多功能改性剂、抗菌塑料、废弃塑料改性与加工等多方面的有关改性塑料的最新科技成果

和发展趋势，得到更多领域的关注。如 PBT、PPO、PA6、PA66、PC、聚酯（PET）、聚苯硫醚（PPS）的合金化改性已得到广泛应用。

1.3 塑料的鉴别

在采用各种塑料再生方法对废旧塑料进行再利用前，大多需要将塑料分拣。由于塑料消费渠道多而复杂，有些消费后的塑料又难于通过外观简单将其区分，因此，最好能在塑料制品上标明材料品种。为将不同品种的塑料分别，以便分类回收，首先要掌握鉴别不同塑料的知识，下面介绍塑料鉴别常用的方法。

1．塑料的外观鉴别

通过观察塑料的外观，可初步鉴别出塑料制品所属大类：热塑性塑料、热固性塑料和弹性体。一般热塑性塑料有结晶型和无定形（非结晶型）两类。结晶型塑料外观呈半透明，乳浊状或不透明，只有在薄膜状态呈透明状，硬度从柔软到角质。无定形（非结晶型）塑料一般为无色，在不加添加剂时为全透明，硬度从硬于角质到橡胶状（此时常加有增塑剂等添加剂）。热固性塑料通常含有填料且不透明，如不含填料时为透明。弹性体具橡胶状手感，有一定的拉伸率。

2．塑料的加热鉴别

上述三类塑料的加热特征也是各不相同的，通过加热的方法可以鉴别。热塑性塑料加热时软化，易熔融，且熔融时变得透明，常能从熔体拉出丝来，通常易于热合。热固性塑料加热至材料化学分解前，保持其原有硬度不软化，尺寸较稳定，至分解温度炭化。弹性体加热时，直到化学分解温度前，不发生流动，至分解温度材料分解炭化。常用热塑性塑料的软化或熔融温度范围见附表 7.1。

3．塑料的溶剂处理鉴别

热塑性塑料在溶剂中会发生溶胀，但一般不溶于冷溶剂。在热溶剂中，有些热塑性塑料会发生溶解，如聚乙烯溶于二甲苯中。热固性塑料在溶剂中不溶，一般也不发生溶胀或仅轻微溶胀。弹性体不溶于溶剂，但通常会发生溶胀。塑料的溶解性见附表 7.2。

4．塑料的密度鉴别

塑料的品种不同，其密度也不同，可利用测定密度的方法来鉴别塑料，但此时应将发泡制品分别出来，因为发泡塑料的密度不是材料的真正的密度。在实际工业上，也有利用塑料的密度不同来分选塑料的。常用塑料的密度见附表 7.3，常用于塑料的密度鉴别的溶液见附表 7.4。

5．塑料的热解试验鉴别

热解试验鉴别法是在热解管中加热塑料至热解温度，然后利用石蕊试纸或 PH 试纸测试逸出气体的 PH 值来鉴别的方法。常用塑料热解产物石蕊和 PH 值试纸测试结果见附表 7.5。

6．塑料的燃烧试验鉴别

燃烧试验鉴别法是利用小火燃烧塑料试样，观察塑料在火中和火外时的燃烧性，同时注意熄火后，熔融塑料的落滴形式及气味来鉴别塑料种类的方法。燃烧鉴别情况见附

表 7.6。

7. 塑料的显色反应鉴别

通过不同的指示剂可鉴别某些塑料，在 2ml 热乙酸酐中溶解或悬浮几毫克试样，冷却后加入 3 滴 50%的硫酸（由等体积的水和浓硫酸制成），立即观察显色反应，在试样放置 10min 后再观察试样颜色，再在水浴中将试样加热至 100℃，观察试样颜色。用此法可鉴别附表 7.7 中的塑料。此显色反应称为 Liebermann-Storch-Morawski 反应，显色反应情况见附表 7.7，附表 7.8 为吡啶用于含氯塑料的显色反应情况。

含氯塑料有聚氯乙烯，氯化聚氯乙烯，氯化橡胶，聚氯丁二烯，聚偏二氯乙烯，聚氯乙烯混配料等，它们可通过吡啶显色反应来鉴别。注意，试验前，试料必须经乙醚萃取，以除去增塑剂。试验方法：将经乙醚萃取过的试样溶于四氢呋喃，滤去不溶成分，加入甲醇使之沉淀，萃取后在 75℃以下干燥。将干燥过的少量试样用不到 1ml 吡啶与之反应，过几分钟后，加入 2 滴 5%氢氧化钠的甲醇溶液（1g 氢氧化钠溶解于 20ml 甲醇中），立即观察一下颜色，5min 和 1h 后再分别观察一次。根据颜色即可鉴别不同的含氯塑料。

尼龙也可通过对二甲基氨基苯甲醛显色反应来鉴别。鉴别方法如下：在试管中加热 0.1g～0.2g 试样，将热分解物置于小棉花塞上，在棉花上滴浓度为 14%的对二甲基氨基苯的甲醇溶液，再滴一滴浓盐酸，如为尼龙则显示枣红色。

对二甲基氨基苯甲醛显色反应也可用来鉴别聚碳酸酯。当显示的颜色为深蓝色时,可知材料为聚碳酸酯。

8. 其他塑料鉴别法

塑料的分子结构中有的含有除碳、氢以外的杂原子。通过杂原子的试验也可鉴别不同的塑料，这种鉴别方法不作具体介绍。

塑料的鉴别也可以几种方法综合应用。

思考与练习题

1. 什么是塑料？塑料是由哪些成分组成的？

2. 根据塑料中树脂的分子结构和热性能，塑料分为哪几种？其特点是什么？

3. 塑料有哪些主要使用性能？

4. 塑料中树脂的作用是什么？

5. 在塑料中加入填料的作用是什么？对填料有何要求？

6. 增塑剂的作用是什么？对增塑剂的要求是什么？

7. 什么是收缩率？影响制品收缩的主要因素有哪些？

8. 属于结晶型塑料的有哪些？对结晶型塑料在模具设计时应注意的问题有哪些？

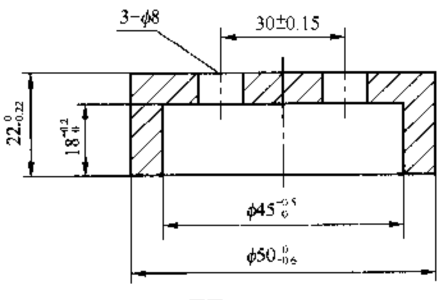
9. T_g、T_f（T_m）、T_d 各表示的是什么温度？有何生产指导意义？

10. 属于热敏性、水敏性、应力开裂与熔体破裂塑料的有哪些？生产时应注意的问题有哪些？

11. 塑料改性的方法有哪些？增强改性的目的是什么？

12. 塑料鉴别常用的方法有哪些？各有何特点？

13．如题图 1.13 所示，材料为低密度 PE，试叙述其工艺特性和成型特性。



题图 1.13

第 2 章

塑料成型工艺与成型设备

学习目标

1. 掌握注射成型原理、压缩成型原理、挤出成型原理及其特点。

2. 掌握注射成型、压缩成型、挤出成型工艺参数的作用和选择。

3. 熟悉注射机、塑料压力机和挤出机的结构、作用及与模具的关系，掌握注射机、塑料压力机和挤出机的选择应考虑的问题。

4. 掌握塑料制品工艺性的分析内容和方法。

5. 了解注射机等设备的操作与保养知识。

学习建议

1. 参照图 2.1、图 2.2 和图 2.3 理解注射成型原理、压缩成型原理、挤出成型原理及其特点。

2. 参照图 2.4、图 2.32 和图 2.46 学习注射机、塑料压力机和挤出机的结构、作用。

3. 比较注射成型与挤出成型的区别、比较注射成型与压缩成型的区别。

4. 学习并总结（应用表格）注射成型、压缩成型、挤出成型工艺参数的作用和选择。

5. 找出 3～5 种某一生活用品参照塑料制品工艺性的内容进行分析。

2.1 塑料成型工艺方法

2.1.1 注射模塑成型工艺

注射成型又称注射模塑或注塑成型，几乎所有的热塑性塑料（除氟塑性外）和部分的热固性塑料皆可经注射成型获得各种形状的塑料制品。

注射成型是通过注射机来实现的，其成型原理如图 2.1 所示。它包括加料、加热塑化、合模、加压注射、保压、冷却定型、开模、脱模等工序，其中加热塑化、加压注射、冷却定型是注射成型工艺过程中的三个基本工序。

目前主要以螺杆注射机为主。注射成型时，首先由注射机移动模板带动动模与定模闭合，然后由注射活塞带动螺杆按要求的压力和速度，将已经熔融并积存于料筒端部的塑料，经喷嘴和模具的浇注系统射入模具型腔。此时螺杆不转动，如图 2.1（a）所示。待塑料充满模具型腔后，螺杆对塑料熔体仍保持一定的压力（即保压），以阻止塑料倒流，并向型腔内补充因冷却收缩所需要的塑料如图 2.1（b）所示。经过一段时间的保压后，注射活塞压力消失，螺杆开始转动。此时由料斗落入料筒的塑料，一方面受料筒的传热和螺杆对塑料的剪切摩擦热作用而逐渐熔融塑化；另一方面被螺杆压实并推向料筒前端。这一过程后，塑料最终熔融成粘流状态，并形成一定的压力。当螺杆头部的塑料熔体压力达到能够克服注射活塞后退的阻

力时，螺杆在转动的同时，缓慢地向后移动，料筒前端的熔体逐渐增多，当退到预定位置与限位开关接触时，螺杆即停止转动和后退，完成加料与预塑。在加料与预塑后再经过一段时间，已成型的塑件在模腔内冷却凝固。当塑件完全冷却凝固后，即可打开模具，在推出机构作用下，塑件被推出模外如图 2.1（c）所示，即完成一个工作循环。

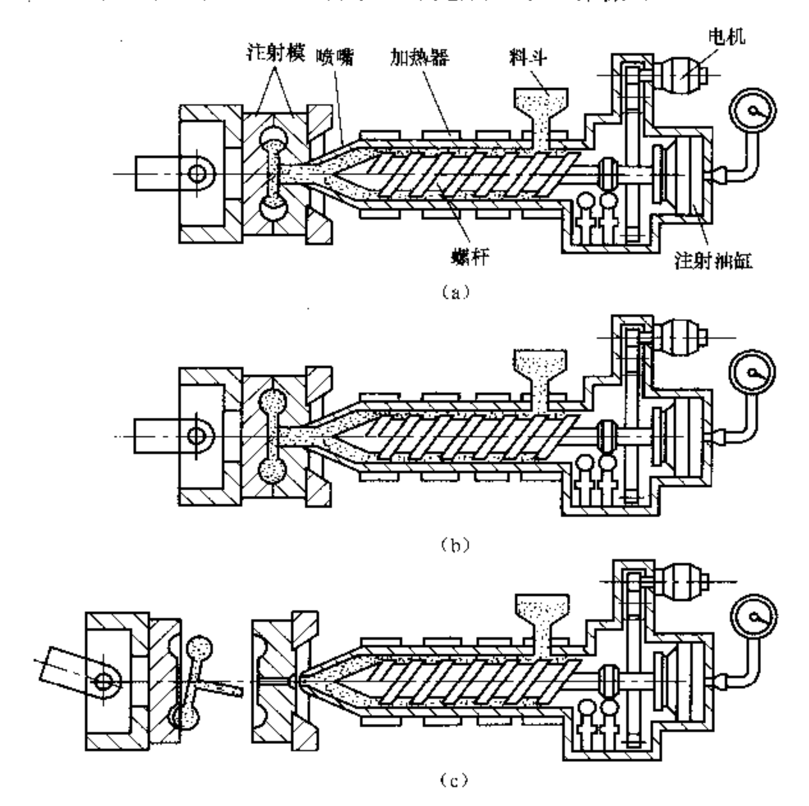


图 2.1　螺杆式注射成型工作原理

注射成型的特点如下。

（1）生产率高。注射的加热和塑化是在注射机的高温料筒内完成的，模具在注射前已经完全闭合。由于塑料在注射模中所要求的停留时间短，因而成型周期短，生产率高。操作是在专用的注射机上进行的，容易实现自动化生产，可采用电脑控制。

（2）塑件的精度容易保证。由于塑化效果好，提高了塑件质量。

（3）生产适应性强，既可成型形状简单或形状复杂的塑件，又可成型小型或大型塑件。

（4）设备昂贵，模具比较复杂，且制造成本高。

（5）浇注系统凝料虽可回收再用，但需增加破碎、造粒等辅助设备，投资大。

因此，注射模塑成型特别适合大批量生产。

2.1.2　压缩成型工艺

压缩成型又称模压成型、压制成型。它的成型原理如图 2.2 所示，压缩成型的工艺过程通常为加料、合模、排气、固化、脱模、清理模具、修整等工序，如果产品带有嵌件，则在加料前还应增加安放嵌件这一工序。成型前先将模具加热到成型温度，然后将粉状、粒状、

纤维状或碎屑状塑料加入模具加料腔中使其熔融，如图 2.2（a）所示，并在压力作用下闭合模具，使塑料流动而充满型腔，如图 2.2（b）所示，同时固化定型，最后脱模即得所需产品，如图 2.2（c）所示。

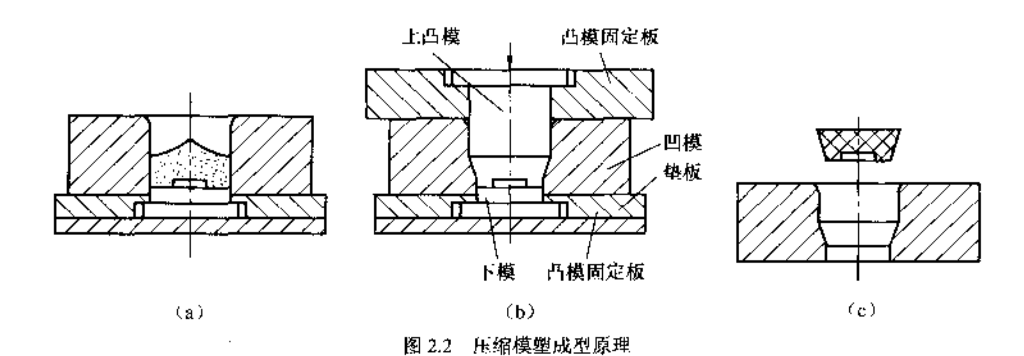


图 2.2　压缩模塑成型原理

压缩模塑主要用于热固性成型，也可用来成型热塑性塑料。热固性塑料压缩模塑时，塑料在模腔中在高温高压的作用下，由固态变为粘流态的半液体，并在这种状态下充满型腔，同时树脂产生交联反应，随着交联反应的深化，半液体的塑料逐步变为固体，脱模后即得产品。

热塑性塑料压缩模塑时，同样需要加热模具，使塑料由固态转变为粘流态，在压力作用下使塑料充满型腔，但不存在交联反应，此时模具必须冷却，使塑料冷凝定型，才能脱模而得到产品。由于模具需要交替地加热和冷却，所以生产周期长，效率低。目前，热塑性塑料的成型以注射成型更为经济，只有较大平面的产品（如蓄电池箱体）、光学性能要求高的有机玻璃片、不宜高温注射成型的硝化纤维塑料产品（如汽车驾驶盘）以及一些流动性很差的塑料（如聚四氟乙烯、聚酰亚胺等，通常冷压成型）采用压缩模塑。此外，热挤冷压的塑料（如聚氯乙烯塑料鞋底）、泡沫塑料的成型（如聚苯乙烯泡沫塑料包装件）等也可采用这种模塑方法。目前压缩成型使用最广泛的是酚醛塑料和氨基塑料。

压缩模塑的特点如下。

（1）压力损失小。压机的压力是通过凸模直接传递给塑料的，压力损失小，有利于流动性差的塑料成型。

（2）模具是在塑料最终成型时才完全闭合的。塑料直接加入型腔，而加料腔是型腔的延续部分，模具加料前敞开，成型终了才完全。

（3）模具结构比较简单。模具不需设浇注系统和复杂的顶出装置，使用方便，可成型较大面积的产品或利用多型腔模，一次成型多个产品。

（4）耗料少，制品外表美观。模具没有浇注系统，因而耗料少；产品无浇口痕迹，使修整容易，产品外表美观。

（5）制品受到限制较多。由于压机压力直接传给塑料，故有利于成型流动的纤维状塑料，且在成型过程中纤维不易碎断，因而产品的强度较高，收缩及变形较小，各项性能比较均匀。但成型纤维状塑料时，产品飞边较厚，给修整工序带来一定困难。由于压力直接传给塑料，所以不能成型带有精细和易断嵌件的产品。产品的飞边较厚，且每模产品的飞边厚度不同，因而影响产品高度尺寸的精度。

（6）生产周期长，效率低。由于塑料在加料腔中塑化不够充分，因而生产周期长，效率

低，不易成型形状复杂、壁厚相差较大的产品。

（7）模具磨损大。模具直接受到高温高压的联合作用，因而对模具材料要求较高。

2.1.3 挤出成型

挤出成型又称挤出模塑或挤出。挤出成型主要用于生产连续的型材，如管、棒、丝、板、薄膜、电线电缆的涂覆和涂层制品等，还可用于中空制品型坯、粒料等的加工。它的成型原理如图 2.3 所示，挤出成型一般分三个阶段。

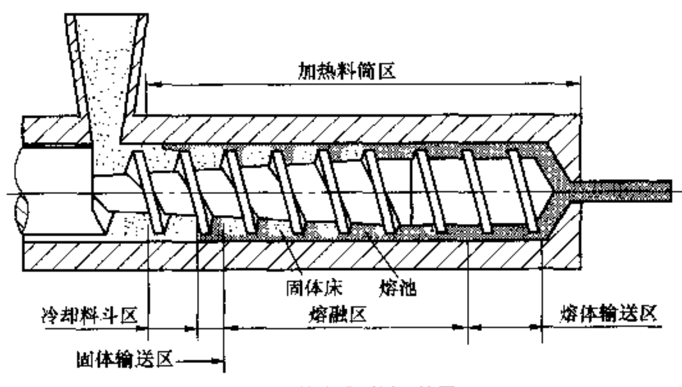


图 2.3 挤出成型原理简图

第一阶段是固态塑料的塑化。即通过挤出机加热器的加热和螺杆、料筒对塑料的混合、剪切作用所产生的摩擦热使固态塑料变成均匀的粘流态塑料。

第二阶段是成型。即粘流态塑料在螺杆推动下，以一定的压力和速度连续地通过成型机头，从而获得一定截面形状的连续形体。

第三阶段是定型。通过冷却等方法使已成型的形状固定下来，成为所需要的塑料制品。

以上挤出成型过程中，加热塑化、加压成型、定型均在同一设备内进行，以这种塑化方式工作的挤出工艺叫做干法挤出。另一种是湿法挤出，湿法挤出的塑化方式是用溶剂将塑料充分塑化，塑化和加压成型是两个独立的过程。其塑化较均匀，并避免了塑料的过度受热，但定形处理时必须脱除溶剂和回收溶剂，工艺过程较复杂。故湿法挤出的适用范围仅限于硝酸纤维素等。

挤出成型过程中，按对塑料加压方式不同，挤出工艺可分为连续挤出和间歇挤出两种。连续挤出所用的设备为螺杆挤出机，螺杆挤出机又有单螺杆挤出机和多螺杆挤出机，单螺杆挤出机应用较多。间歇挤出用的设备为柱塞式挤出机。柱塞式挤出机的工作部分是一个料筒和一个由液压操纵的柱塞。操作时，先将一批已塑化好的塑料加入料筒内，后借助柱塞的压力将颜料从挤出机头的口模挤出。柱塞式挤出成型的优点是能给塑料以较大的压力，但操作不连续，塑料又要预先塑化，所以应用较少，只在挤出聚四氟乙烯塑料和硬聚氯乙烯大型管材时应用。

挤出成型的特点如下。

（1）生产过程连续性强，生产率高。

（2）投资省，成本低。

（3）操作简单。

（4）工艺条件容易控制，产品质量均匀。

（5）制品的形状受到较大限制。

（6）口模的设计和制造比较简单。

2.1.4 其他成型方法简介

1．中空吹塑成型

中空吹塑成型是将处于塑性状态的塑料型坯置于模具型腔内，使压缩空气注入型坯中将其吹胀，使之紧贴于模腔壁上，冷却定形得到一定形状的中空塑件的加工方法。根据成型方法不同，中空吹塑成型主要分为挤出吹塑成型、注射吹塑成型、注射拉伸吹塑成型等。

2．真空成型

真空成型是把热塑性塑料板、片材固定在模具上，用辐射加热器进行加热至软化温度，然后用真空泵把板材和模具之间的空气抽掉，从而使板材贴在模腔上而成型，冷却后借助压缩空气使塑件从模具中脱出。

真空成型方法主要有凹模真空成型、凸模真空成型、凹凸模先后抽真空成型、吹泡真空成型、柱塞推下真空成型和带有气体缓冲装置的真空成型等。

3．泡沫塑料成型

泡沫塑料成型主要是利用一些挥发性强的液体或固体粉末混炼于塑料中，然后用挤出成型法、注射成型法、直接膨胀法等制造各种器具或片材。按泡沫塑料的密度又分为低发泡、中发泡和高发泡，其发泡的密度（g/cm^3）分别为大于 0.4、0.1～0.4、小于 0.1。

压制成型过程是先将发泡剂和树脂、增塑剂、溶剂、稳定剂等混合研磨成糊状，或经捏合成片状，硬质制品也可以经球磨成粉状混合物，然后将其加入到压制模内，闭模加压加热，使发泡剂分解，然后通入冷却水进行冷却，待冷透后开模出中间制品，再将中间制品放在 100℃的热空气中循环烘干，或放入蒸汽室内，使制品内微孔充分涨大而获得泡沫塑料制品。

2.2 注射成型设备及注射成型工艺

2.2.1 注射机的组成、分类及规格表示法

注射机的全称应为塑料注射成型机，简称注射机或注塑机，它是目前塑料成型设备中，增长最快、产量最大、应用最广的塑料成型设备。

1．注射机的组成

注射机主要由注射装置、合模装置、液压传动系统、电器控制系统、加热和冷却系统及机身等组成，图 2.4 为卧式注射机的结构示意图。

2．注射机的分类

注射机的分类方法较多，常见的有以下几种。

（1）按注射机规格大小分类　可将注射机分为五类，如表 2.1 所示。

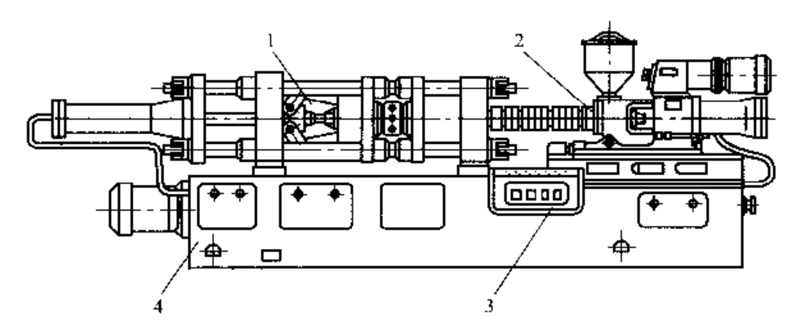


图 2.4 卧式注射机结构示意图

1—合模装置；2—注射装置；3—电器控制系统；4—液压传动系统

表 2.1 **按注射机的规格大小分类**

类 型	合模力（kN）	理论注射量（cm^3）	类 型	合模力（kN）	理论注射量（cm^3）
超小型	200～400	＜30	大型	8000～20000	＞2000
小型	400～2000	60～500	超大超	＞20000	＞10000
中型	3000～6000	500～2000			

（2）按注射机外形结构特征分类 可将注射机分为三类。

① 立式注射机

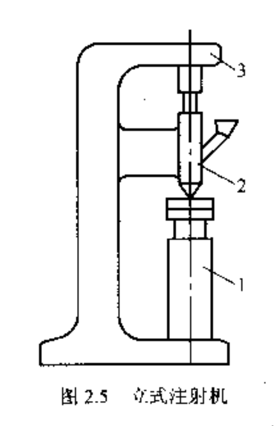


图 2.5 立式注射机

1—合模装置；2—注射装置；3—机身

如图 2.5 所示，立式注射机的注射装置与合模装置的轴线重合并与机器安装底面垂直。其优点是占地面积小，模具装拆方便，安装嵌件和活动型芯简便可靠。其缺点是塑件推出后常需用手取出，不能自动掉落，不易实现自动化操作，而且机身较高不够稳定，加料不太方便等。立式注射机多用于注射量小于 60cm^3 的小型注射机上。

② 卧式注射机

如图 2.6 所示，卧式注射机的注射装置与合模装置轴线重合，并与机器安装底面平行。其优点是机身低，易于操作，且塑件推出后可自动坠落，便于自动化生产。其缺点是模具的装拆及嵌件安放不方便，且机器占地面积较大。

卧式注射机是目前国内外注射机型中应用最广泛，最基本的机型。

③ 直角式注射机

如图 2.7 所示，直角式注射机的注射装置与合模装置的轴线互相垂直，且任何一方均可水平放置，则另一方呈铅垂放置。其特点是具体的结构形式兼顾卧式、立式注射机的某些优缺点，占地面积介于前两种注射机之间，适用于生产形状不对称的塑件、带螺纹的塑件及使用侧浇口的模具。

此外，还有旋转式注射机（旋转台上装有多副模具）、偏心式注射机等。

（3）按注射机的塑化方式分类 主要分为柱塞式和螺杆式两大类注射机。柱塞式注射机的缺点是塑化不均匀、注射压力损失大、注射速度不均匀、注射量的提高受到限制及产生层

流现象和清洗料筒困难等，因此柱塞式注射机正被螺杆式注射机所代替。

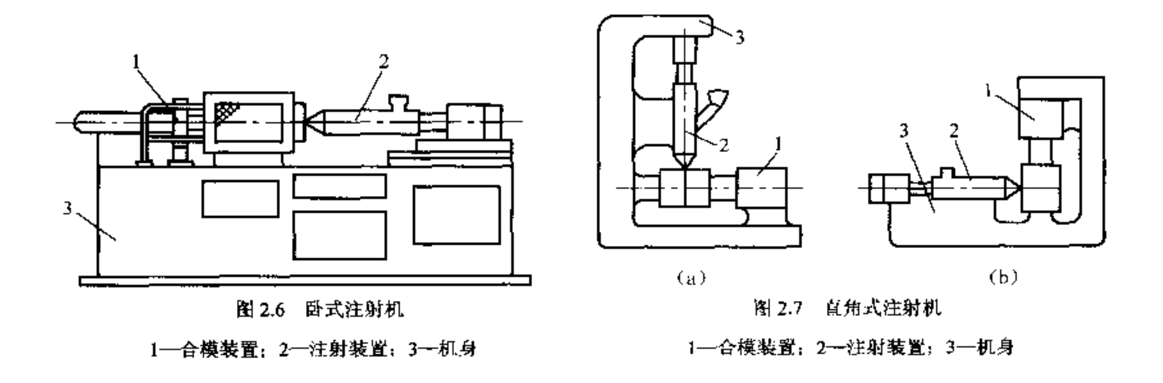


图 2.6　卧式注射机

1—合模装置；2—注射装置；3—机身

图 2.7　直角式注射机

1—合模装置；2—注射装置；3—机身

3．注射机型号规格的表示法

注射机型号规格的表示法目前各国尚不统一，但主要有注射量、合模力、注射量与合模力同时表示等三种。我国允许采用的是注射量、注射量与合模力两种表示法。

（1）注射量表示法

注射量表示法是用注射机的注射容量（cm^3）表示注射机的规格。即注射机以标准螺杆（常用普通型螺杆）注射时的 80%理论注射量表示。这种表示法比较直观，能直接得出该注射机所能成型制件的体积范围，但无法得知合模力是否满足要求。

如 XS-ZY-125，其中 125 是指注射机的注射容量为 125cm^3，XS-ZY 具体表示的含义是：X 为成型、S 为塑料；Z 为注射、Y 为螺杆式。

（2）合模力表示法

合模力表示法是用注射机最大合模力来表示注射机的规格。此表示法直观、简单。因为注射机合模力不会受到其他取值的影响而改变，可直接反映出注射机成型制件面积的大小。可是，合模力表示法并不直接反映注射制件体积的大小，所以此法不能表示出注射机在加工制件时的全部能力及规格的大小，使用起来还是不够方便。

（3）合模力与注射量表示法

合模力（kN）与注射量（cm^3）表示法是国际上通行的规格表示法。这种表示法是用注射机合模力作为分母，注射量作为分子表示注射机的规格，即注射量/合模力。对于注射量，为了对不同的注射机都有一个共同的比较基准，特规定为注射压力在 100MPa 时的理论注射量。这种表示法比较全面地反映了注射机的主要性能。

如 XZ-63/50，其中 63 表示注射容量为 63cm^3 合模力为 50×10kN，X 表示塑料机械，Z 表示注射机。

2.2.2　注射装置

在注射成型加工过程中，注射装置应能均匀加热和塑化一定数量的塑料；以一定的压力和速度将熔料注入模腔；保持一定的压力防止模内熔料的反流，同时向模内补充一部分熔料，以补偿制件的冷却收缩。注射装置包括加料计量装置、料筒、柱塞和分流梭、螺杆、喷嘴、加压和驱动装置及注射座等部件。

1. 加料计量装置

小型注射机的加料装置通常是与料筒相连的锥形料斗。料斗容量约为生产1h～2h的用料量。容量过大，塑料会从空气中重新吸湿而影响制品的质量，只有配置加热装置的料斗，容量方可适当增大。使用锥形料斗时，如塑料颗粒不均匀，设备运转产生的振动则会引起料斗中小颗粒或粉料的沉析，从而影响料的松密度，造成前后加料不均匀。这种料斗用于柱塞式注射机时，一般应配置定量或定容的加料装置。大型注射机上用的料斗基本上也是锥形的，只是另外配有自动上料的装置。每次从料斗进入加料室的塑料，应该与每次从加热料筒中注射到模腔内的塑料数量相等，这样才能控制塑料在料筒内的加热时间，即塑化时间，防止塑化室内粒料区的变动，使工艺过程稳定。

加料计量有容积定量和重量定量两种。容积加料用体积计量，当粒料的容积重量发生变化时，会影响定量的精确程度。重量加料是按重量计量的一种方法，它可消除由于塑料容积重量的变化而影响定量的精确度，但是装置复杂，应用较少。

图2.8为容积加料器示意图。料斗3内的塑料首先落入计量槽4内，当柱塞8前移注射时，传动臂6带动计量栓7一起向前移动，计量槽内的塑料在推料板5的推动下落入料筒加料口。柱塞退回时，又带动计量装置复位，使料筒加料口的塑料复又进入料筒加料室。计量槽的容积可根据实际所需的注射量进行调节，调节时，拧动调节螺母1，计量栓7转动，使推料板5作前后移动，从而改变计量槽的容积。

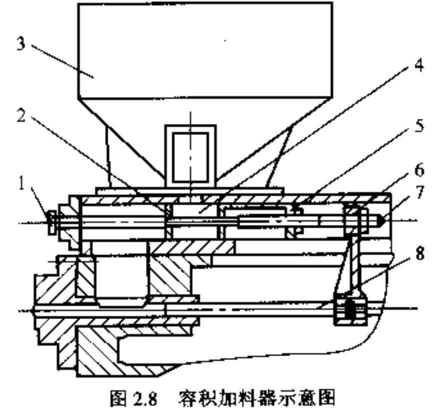


图2.8　容积加料器示意图

1—调节螺母；2—固定板；3—料斗；4—计量槽；5—推料板；6—传动臂；7—计量栓；8—柱塞

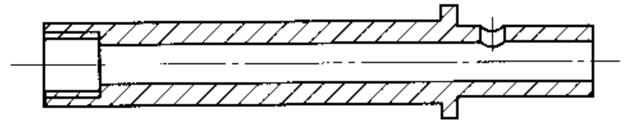
2. 料筒

为塑料加热、加压的容器，因此要求料筒能耐压、耐热、耐疲劳、抗腐蚀、传热性好。螺杆式注射机的料筒容积约为最大注射量的2～3倍。

料筒外部都配有加热装置，通常将料筒分为2～3个，最多为6个加热区，以便于根据需要能分段加热和控制。靠近料斗一端温度最低，靠近喷嘴端温度最高。料筒各段温度是通过热电偶和恒温控制仪来精确控制的。料筒内壁转角处应做成流线型，以防存料而影响质量。料筒各部分的配合要精密。

料筒常采用含铬、钼、铝的特殊合金钢来制造，经氮化处理，表面硬度较高，常用的氮化钢为38CrMoAl。

图2.9为螺杆式注射机料筒结构示意图。


图2.9　螺杆式注射机料筒结构示意图

3. 螺杆

螺杆是移动式注射机内的重要部件。其作用是对塑料进行输送、压实、塑化和施压。

螺杆在料筒内旋转时，首先将来自料斗的塑料卷入料筒，并逐步将其向前推送、压实、

排气和塑化，随后熔融好的塑料被不断地推到螺杆顶部与喷嘴之间，而螺杆本身因受螺杆头部不断增加的熔料的压力作用而缓慢后移。当积存的熔料达到一次注射量时，螺杆停止转动。注射时，螺杆将液压或机械力传给熔料，使其注入模具。

塑料在注射机料筒中存在三种物理状态（即玻璃态、高弹态和粘流态）的变化过程，每种状态对螺杆结构要求不同，为适应不同状态的要求。通常将注射机的螺杆分成三段：加料段 L_1（又称固体输送段）、熔融段 L_2（也称压缩段）和均化段 L_3（也称计量段）。这就是通常所说的三段式螺杆，其结构如图 2.10 所示。

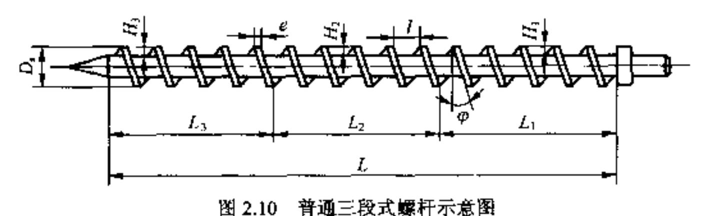


图 2.10　普通三段式螺杆示意图

螺杆的主要参数为螺旋升角 φ，螺槽深度 H_1、H_2、H_3，螺纹长度 L，螺纹宽度 e，螺距 l，螺杆直径 D_s 和加料段长度 L_1，熔融段长度 L_2，均化段长度 L_3 和压缩比 ε。

螺旋升角 φ 一般取 17°～20°。

压缩比 ε：一般指的是螺杆的几何压缩比。它是螺杆加料段第一个螺槽容积和均化段最后一个螺槽容积之比，用 ε 表示：

$$\varepsilon=\frac{(D_s-H_1)H_1}{(D_s-H_3)H_3}\approx\frac{H_1}{H_3}$$

式中，H_1—加料段第一个螺槽的深度；

H_3—均化段最后一个螺槽的深度；

D_s—螺杆直径。

一般 L/D_s=15～20，压缩比为 2～5。注射螺杆的压缩比针对加工塑料品种的不同取值分别为结晶性塑料如 PP、PA、PE，一般取 3.0～3.5；高粘度的塑料如 HPVC、AS、POM，一般取 1.4～2.0；通用型螺杆一般取 2.0～2.8。

注射机螺杆的形式有渐变型螺杆、突变型螺杆和通用型螺杆三大类，如图 2.11 所示。

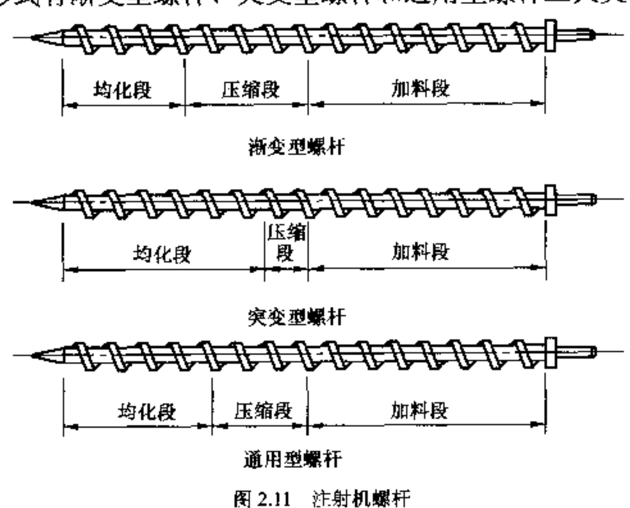


图 2.11　注射机螺杆

渐变型螺杆的特点是：具有较长的压缩段，螺杆从加料段较深螺槽向均化段较浅螺槽的过渡较平缓，因此，塑料在熔融段塑化时其能量转换也较平缓。适于加工无定形塑料、热敏性塑料和粘度较低的结晶形塑料，如硬聚氯乙烯、聚苯乙烯、聚碳酸酯、聚砜、ABS 等。

突变型螺杆的特点是：压缩段较短（$1D_s$～$1.5D_s$），塑料塑化时能量转换剧烈，不适宜 PVC 等热敏性塑料的加工。适于加工粘度较低的结晶型塑料，如聚乙烯、聚丙稀、聚甲醛、尼龙、含氟塑料等。

通用型螺杆的特点是：螺杆的压缩段介于渐变型螺杆与突变型螺杆之间，通过调整成型工艺条件（如温度、压力、时间等）来满足各种塑料的不同加工需求。通用螺杆的适应性虽然扩大了，但带来塑化效率低、单耗大的弊端，其使用性能不如专用螺杆。

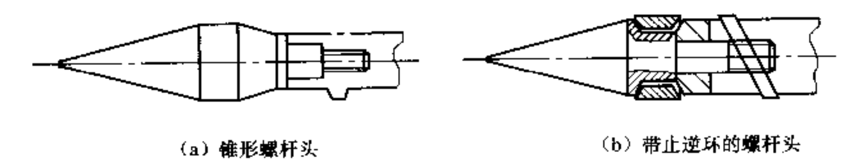
虽然一台注射机备有多根不同形式的螺杆，但在实际使用过程中，被加工塑料的品种经常更换，螺杆也随之经常拆换的话，不但费时费力，而且会影响到正常生产，因此螺杆并不经常拆换，以通用型螺杆的使用为主。有关三种螺杆各段长度占螺纹长度的比值，见表 2.2。

表 2.2　　注射机螺杆各段长度

螺杆类型	L_1（加料段）	L_2（压缩段）	L_3（均化段）
渐变型	25%～30%	50%	25%～20%
突变型	65%～70%	（1～1.5）D_s	20%～25%
通用型	45%～50%	35%～20%	20%～30%

注：本表为 L/D_s=15～20 范围内的分段。各段所占比例为与螺杆全长 L 的比值。

为使螺杆对塑料施压进行注射时不致出现熔料积存或沿螺槽回流的现象，对螺杆头部的结构应进行考虑。通常对熔融粘度大的塑料都采用锥形尖头的注射螺杆，如图 2.12（a）所示。采用这种螺杆的主要目的是为了减少塑料熔体的流动阻力，特别是当加工 PVC 等热敏性、高粘度的塑料时，由于经常发生在螺杆头部因排料不畅而造成滞料分解，故注射螺杆多采用尖头锥形的螺杆头。锥角一般为 20°～30°。对熔融粘度小的塑料需选择带有止逆环的螺杆头，如图 2.12（b）所示。这种螺杆当其旋转而对塑料进行塑化时，熔料即沿螺槽前进而将止逆环推向前方，同时沿止逆环和螺杆头的间隙进入料筒的前端。注射时，由于料筒前端熔料的压力升高，止逆环被压向后退而与螺杆端面密合，从而防止塑料熔体的回流。



（a）锥形螺杆头　　（b）带止逆环的螺杆头

图 2.12　螺杆头结构

螺杆材料有 45 钢、40Cr、氮化钢、38CrMoAL 等。45 钢机械加工性能好，价格便宜，但耐腐蚀、耐磨损能力差。38CrMoAL 综合性能较好，应用广泛。为了提高螺杆的耐腐蚀、耐磨损能力，可以采用高强度的耐磨损、耐腐蚀合金钢，如 34CrALNi、31CrMo12 等，或采用螺杆表面喷涂强化的方法。

4．喷嘴

喷嘴是连接注射机料筒与模具的过渡部分。注射时，料筒内的熔料在螺杆或柱塞的推挤

作用下，以高压和快速流经喷嘴而注入模具，因此，喷嘴的结构形式、喷孔大小以及制造精度将直接影响熔料的压力和温度的损失、射程的远近、补塑作用的优劣以及是否产生“流涎”现象等。目前，喷嘴的种类很多，且都有其适用的范围，下面介绍最常用的三种。

（1）直通式喷嘴

如图 2.13 所示，直通式喷嘴呈短管状，当熔料流经直通式喷嘴时，压力和热量的损失都很小，不容易产生滞料和分解。由于其喷嘴体较短，无法安置电加热装置，而且也限制了其伸进定模板孔中的长度，因此所用模具的主流道应较长。为弥补这种喷嘴的以上缺陷而加大喷嘴的长度，则变成了直通式喷嘴的一种改进型，称为延伸式喷嘴。这种喷嘴必须安装加热装置。有时为了除掉熔料中的固体杂质，也可在喷嘴中加设过滤网。上述两种喷嘴适用于加工高粘度的塑料，如用作加工低粘度塑料时，则会产生流涎现象。

（2）自锁式喷嘴

如图 2.14 所示，在注射过程中，有时需要对喷嘴通道实行暂时的封闭，以防止熔料的流涎和回缩，自锁式喷嘴就是针对这一需要而设计的。其中使用最为广泛的是弹簧式和针阀式。其工作原理是依靠弹簧的弹力压合喷嘴体内的阀芯以实现自锁。注射时，阀芯受熔料的高压而被顶开，熔料遂向模具射出。注射结束时，阀芯在弹簧力的作用下进行复位而实现自锁。这种喷嘴的优点是能有效杜绝注射低粘度塑料时的“流涎”现象，且使用方便，自锁效果佳。但结构比较复杂，注射压力损失大，射程较短，补缩作用小，对弹簧的要求高。

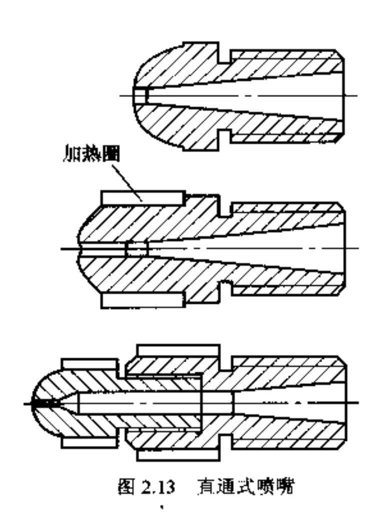


图 2.13　直通式喷嘴

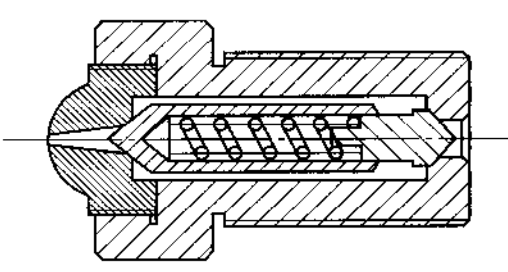


图 2.14　内弹簧针阀式喷嘴

（3）杠杆针阀式喷嘴

如图 2.15 所示，杠杆针阀式喷嘴也是在注射过程中对喷嘴通道实行暂时启闭的一种，工作时用外在液压系统通过杠杆来控制联动机构，根据需要准确而及时地启闭阀芯。其特点是使用方便，自锁可靠，压力损失小，计量准确。不足之处是结构较复杂。

喷嘴形式的选择应根据加工塑料的性能和成型制品的特点来确定。对熔融粘度高，热稳定性差的塑料，如聚氯乙烯，宜选用流道阻力小，剪切作用比较小的大口径直通式喷嘴；对熔融粘度低的塑料，如聚酰胺，为防止“流涎”现象的发生，宜选用带有加热装置的自锁式或液控杠杆针阀式的喷嘴。形状复杂的薄壁制品宜选用小孔径、射程远的喷嘴；而厚壁制品最好选用大孔径、补缩作用好的喷嘴。

除上述几种喷嘴外，为了满足特定的需要，还有供特殊用途的喷嘴。例如混色喷嘴（用以达到颜料和塑料的混合均匀）、点注式喷嘴（用来成型薄壁制品）等。

喷嘴头部一般为半球形，要求能与模具主流道衬套的凹球面保持良好的接触。喷孔的直径应比主流道直径小 0.5mm～1mm，并且两孔应在同一中心线上，以防止漏料和避免死角。

图 2.16 为喷嘴头部与模具主浇道接触示意图，其中（c）图为正确的接触。

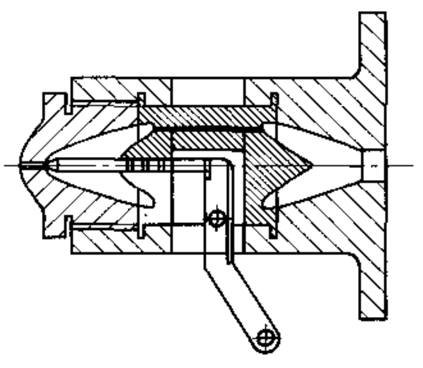


图 2.15　液控杠杆阀式喷嘴

喷嘴常采用中碳钢制造，经淬火使其硬度高于模具主浇道的硬度，以延长喷嘴的使用寿命。如果喷嘴有加热装置，其温度应单独控制。

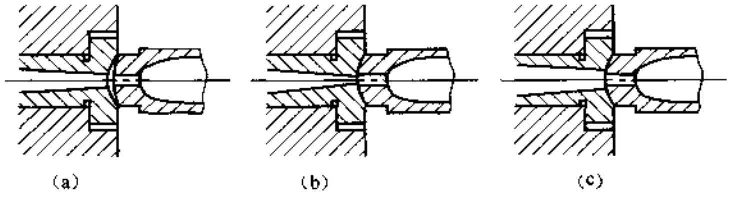


图 2.16　喷嘴头部与模具主浇道接触示意图

5．加压和驱动装置

加压装置是指使柱塞或螺杆在注射周期中发生必要的往复运动进行注射的设施。它的动力源有液压力和机械力两种，但大多数采用液压力。

驱动装置是指驱使螺杆式注射机中的螺杆转动而使其完成对塑料预塑化的装置。若按实现螺杆变速的方式分类，可分为无级调速和有级调速两大类。无级调速，主要有液压马达和调速电机（或经齿轮箱）传动；有级调速，主要有定速电动机经变速齿轮箱传动。实际应用最普遍的是液压马达和电动机—变速齿轮箱两种传动形式。

（1）液压马达传动

用液压马达作为原动机来驱动螺杆有两种形式。一种是用高速液压马达经齿轮减速箱驱动螺杆，另一种是用低速大扭矩液压马达直接驱动螺杆。

高速液压马达经齿轮箱驱动螺杆的传动方式见图 2.17，它和电机经齿轮箱驱动螺杆的传动方式类似。不同的是可以方便地实现螺杆的无级变速。

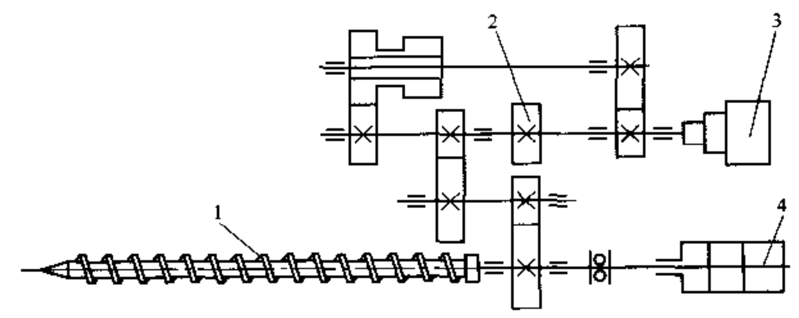


图 2.17　高速液压马达经齿轮箱驱动螺杆

1—螺杆；2—齿轮；3—液压马达；4—液压缸

低速大扭矩液压马达直接驱动螺杆的传动方式见图 2.18，这种传动方式省去齿轮箱，结构非常简单，可以实现螺杆转速的无级调节。根据注射螺杆传动的要求，使用液压马达是比较理想的。这是因为液压马达的传动特性软，启动惯性小，对螺杆有保护作用；另外由于它的体积比同规格的电机小得多，整个传动装置易满足体积小、重量轻、结构简单的要求，尤其是采用低速大扭矩液压马达直接驱动螺杆的传动方案，结构就更简单。由于大部分注射机均采用液压传动，当螺杆预塑时，机器处于冷却定型阶段，油泵这时为无负载状态，故用液压马达可方便地取得动力来源。液压马达可在较大的范围内实现螺杆转数的无级调节。

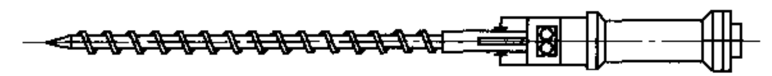


图 2.18　低速大扭矩液压马达直接驱动螺杆

基于上述优点，新设计的注射机越来越多地采用液压马达传动。但是液压马达传动系统维修比较复杂，效率较低。

（2）定速电动机—变速齿轮箱传动

定速电动机—变速齿轮箱传动是目前国内注射机使用较多的传动形式。它只能实现有级变速，因为注射螺杆对速度调节的要求不是十分严格，而且这类传动便于维护，寿命长，制造比较简单，效率高，启动力矩大，成本较低，故应用较普遍。如图 2.19 所示。这种传动方式，由于其传动特性比较硬，应设置螺杆保护环节。另外还要克服因电动机频繁启动对其使用寿命的影响，一般可使用液压离合器来解决这一问题。当螺杆预塑时，电动机和齿轮箱相联，预塑完毕后，离合器将电动机与齿轮箱的联系切断，而电动机不停转，以避免频繁启动。螺杆过载时，液压离合器还可以起到保护作用。

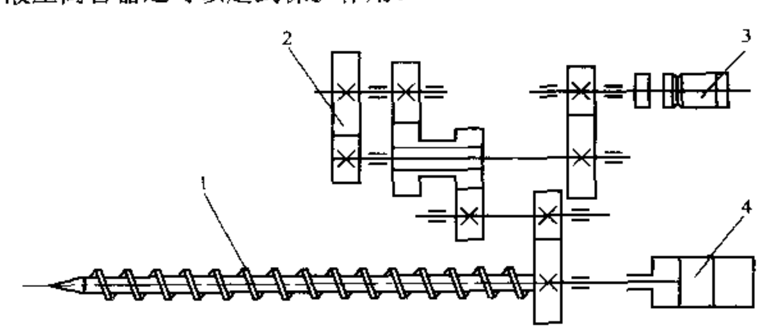


图 2.19　定速电动机—变速齿轮箱传动

1—螺杆；2—齿轮；3—电动机；4—液压缸

这种传动方式的缺点是，调速范围小，而且是有级的，结构比较笨重，噪音也较大。

6．注射座

注射座用来连接与固定塑化部件、注射液压缸、移动液压缸等重要结构零件或组件，是注射装置的安装基准。

塑化部件和螺杆传动装置等装在注射座上，注射座借助移动液压缸可沿底座的导轨往复运动使喷嘴远离或紧贴模具。同时，为了便于拆换螺杆和清理料筒，在底座中部设有一个回转装置，使注射座能绕其转轴旋转一定角度，如图 2.20 所示。

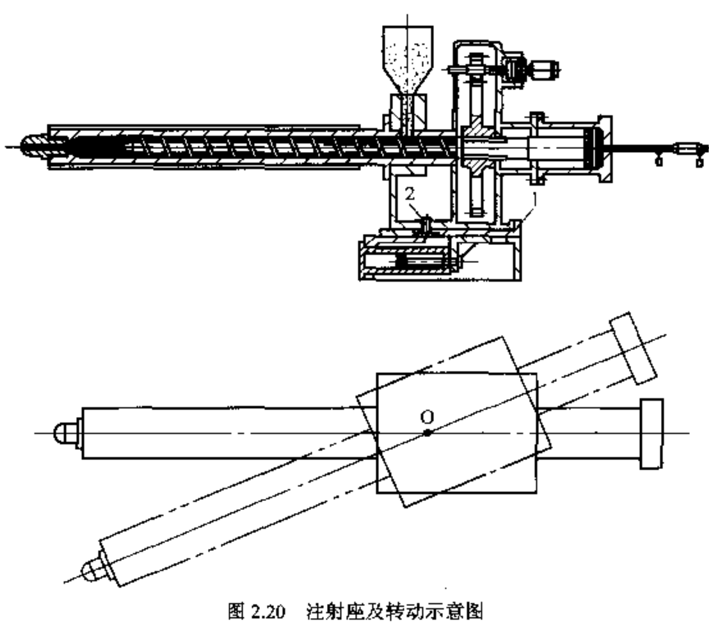


图 2.20　注射座及转动示意图

1—注射座；2—转轴

2.2.3　合模装置

注射机的合模装置是实现模具启闭、锁合及制件推出机构的总称。一个完善的合模装置，应该具备下列三个基本条件。

第一，足够大的合模力，以保证模具在熔料压力（模腔压力）的作用下不发生开缝漏料现象。

第二，够大的模板面积、模板行程和模板间的开距，以适应不同外形尺寸制品的成型要求。

第三，模板的运动速度能满足慢、快、慢的特点，在防止发生模具碰撞的前提下实现制品的平稳推出和生产能力的提高。

合模装置主要由前后定模板（或称固定模板）、动模板（或称活动模板、移动模板）、拉杆、油缸、连杆以及模具调整机构、制品推出机构等组成，图 2.21 为合模装置示意图。

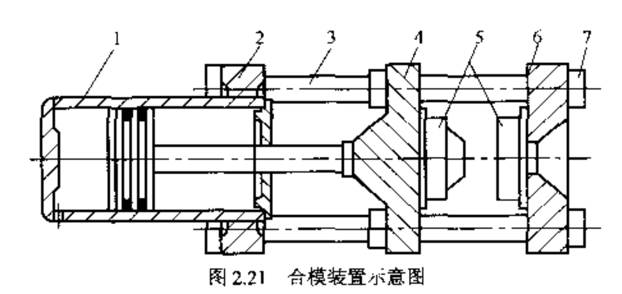


图 2.21　合模装置示意图

1—合模油缸；2—后固定模板；3—拉杆；4—动模板；5—模具；6—前固定模板；7—拉杆螺母

合模装置的结构、种类较多，按实现合模力的方式可分为三大类，即机械式、液压式和液压—机械组合式。

1．机械式

如图 2.22 所示，机械式合模装置一般以电动机通过齿轮或蜗轮、蜗杆减速传动曲臂或以杠杆传动曲臂的机构来实现模具的启闭和锁紧。

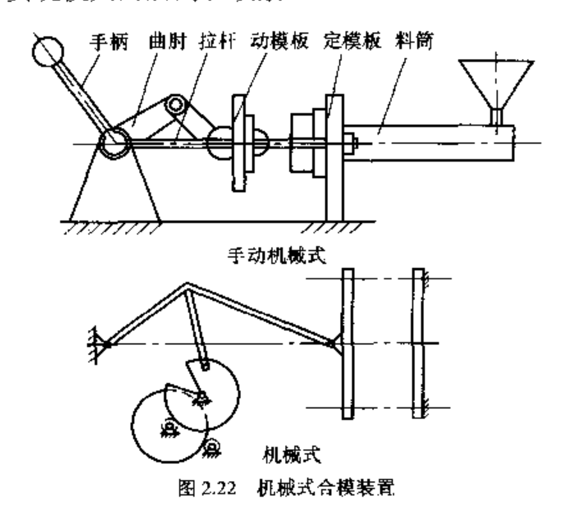


图 2.22　机械式合模装置

该合模装置结构简单，制造容易，使用和维修方便，但噪音大，零部件易磨损，模板行程短，只适用小型或实验室用的注射机。

2．液压式

液压式合模装置是采用油缸和柱塞并依靠液压力推动柱塞作往复运动来实现模具的启闭和锁紧。

图 2.23 所示为单缸直压式合模装置。这种合模装置是直接用一个液压缸来实现开模和合模的。它是液压式合模装置中最简单的一种形式。压力油进入液压缸的左腔时，推动活塞向右移动，模具闭合。待油压升至预定值后，模具锁紧。当油液换向进入液压缸右腔时，使模具打开。由于单缸直压式合模装置不能同时满足注射机对合模装置速度快且合模力大的要求，限制了它在生产上的应用，因此在此基础上发展出了增压式、充液式等多种合模装置。

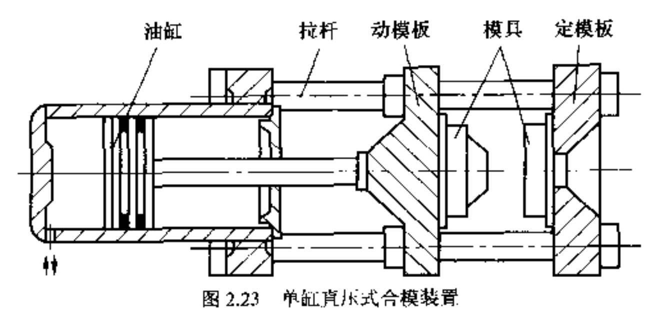


图 2.23　单缸直压式合模装置

（1）增压式合模装置

如图 2.24 所示。压力油首先进入合模油缸 2 左腔，进而合模油缸活塞推动移动模板 3 右移合模。因为合模油缸 2 直径较小，其产生的推力不大，但能获得较大的合模速度。当模具闭合后，合模油缸 2 左腔油路切断并被封闭，压力油换向进入增压油缸 1 左腔。由于增压活

塞两端的直径不一样（即差动活塞），因此可利用增压活塞面积差的作用，提高合模油缸 2 内的油压压力，以满足模具对合模力的要求。采用差动活塞的优点是，在不用高压油泵的情况下可提高合模力；但要想得到足够的合模力，合模油缸的直径就不能做得太小，致使合模速度的进一步提高受限，目前这种合模装置仅用于中、小型注射机。

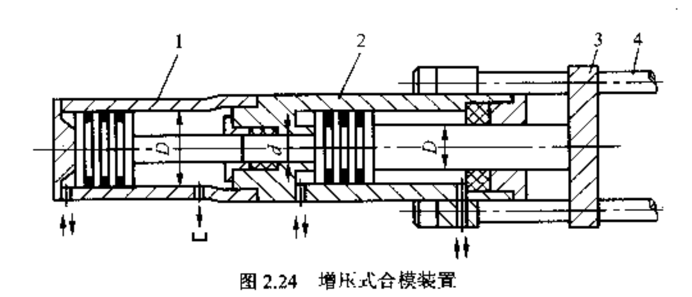


图 2.24　增压式合模装置

1—增压油缸；2—合模油缸；3—移动模板；4—拉杆

（2）充液式合模装置

如图 2.25 所示。为满足注射机对合模装置提出的速度和力的要求，除采用增压式合模装置外，多采用将不同直径的油缸组合在一起，来分别实现快速合模和增大合模力。其结果，一方面缩短了生产周期，提高了生产率；另一方面保护了模具，同时降低了能耗。合模时，压力油首先进入小直径的合模油缸 1，实现快速合模，同时造成合模油缸 2 左腔呈负压，此时充液缸 3 中的充液阀打开，大量的工作油进入合模油缸 2。当模具完全闭合后，合模油缸 2 接通高压油，使合模力迅速上升到合模吨位。开模时，从合模油缸的另一端进油，由于是差动活塞，该端容积小，故能实现快速开模。

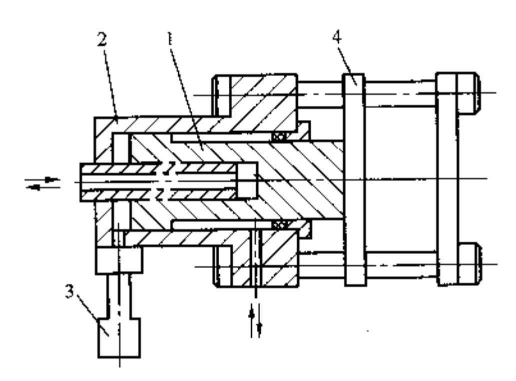


图 2.25　充液式合模装置

1—合模油缸；2—合模油缸；3—充液缸；4—动模板

除上述两种合模装置外，还有充液式和增压式的组合，称为充液增压式合模装置，以及在大型注射机上采用的稳压式合模装置。

液压合模装置的形式多样，其优点概括如下。

① 注射机固定模板和移动模板间的开距大，扩大了加工制品的高度尺寸范围。

② 合模力的大小可通过油压来调节，且可直接读出，因此操作方便。

③ 移动模板可在行程范围内的任意位置停留，因此两模板间的距离调整非常方便。

④ 在液压系统中，通过增设各种调节回路，能方便地实现注射压力、注射速度、合模速度以及合模力等的调节。

液压合模装置的不足是，由于管道众多，保证无渗漏是困难的，因此合模力的稳定性差，进而带来产品质量的波动，另外管路及阀件的维修工作量较大。从总体上看，由于液压合模装置的优点突出，尽管有不足，但仍被广泛采用。

3．液压—机械组合式

液压—机械组合式合模装置是由液压油缸通过机械机构（连杆或曲肘撑杆机构等）推动注射机的移动模板来启闭和锁紧模具的。根据其结构又可分为液压—单曲肘合模装置和液压—双曲肘合模装置。

（1）液压—单曲肘合模装置

如图 2.26 所示。当压力油从油缸上部进入时，将推动活塞向下运动，从而迫使两根连杆成为一条直线，进而锁紧模具。当压力油从油缸下部进入时，活塞向前运动，使原来成一条直线的连杆屈曲，并带动注射机移动模板左移而实现开模。油缸用铰链与机架相联，在开、合模过程中，油缸可以摆动。

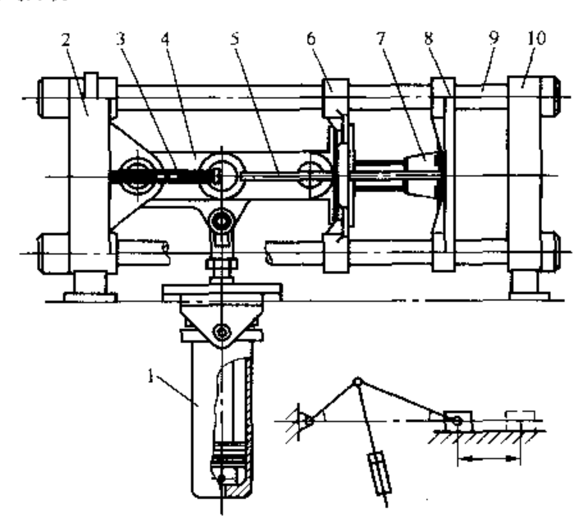


图 2.26　液压—单曲肘合模装置

1—合模液压缸；2—后固定模板；3—调节螺钉；4—单曲肘连杆机构；5—推出杆；
6—后移动模板；7—调距螺母；8—移动模板；9—拉杆；10—前固定模板

（2）液压—双曲肘合模装置　如图 2.27 所示。当压力油进入合模油缸 1 左腔时，活塞杆 2 右移，通过肘杆机构 4 推动注射机移动模板 8 右移合模，当肘杆伸直至图中上部位置时，使模具锁紧。当压力油进入合模油缸 1 右腔时，活塞杆 2 左移，并使原呈直线状态的肘杆机构 4 变为图中下部位置的屈曲形式，同时带动移动模板 8 左移，实现模具的开模。

比较而言，单曲肘合模装置由于合模油缸较小且装在机身的下部，因此机身的长度较小，占地面积少，模板间距离的调整容易。但由于模板为中心单点受力，易产生受力不均而偏斜，严重时会发生溢料，因此仅适用于模板面积较小的小型注射机。而双曲肘合模装置由于有两个加力点驱动移动模板，合模力均匀对称，因此适合于模板面积较大的中、小型注射机。应当注意的是，在调整双曲肘合模装置的合模力时，应保证两加力点受力一致，不然会导致移

动模板受力不均，致使模具倾斜，甚至卡死而无法启动。

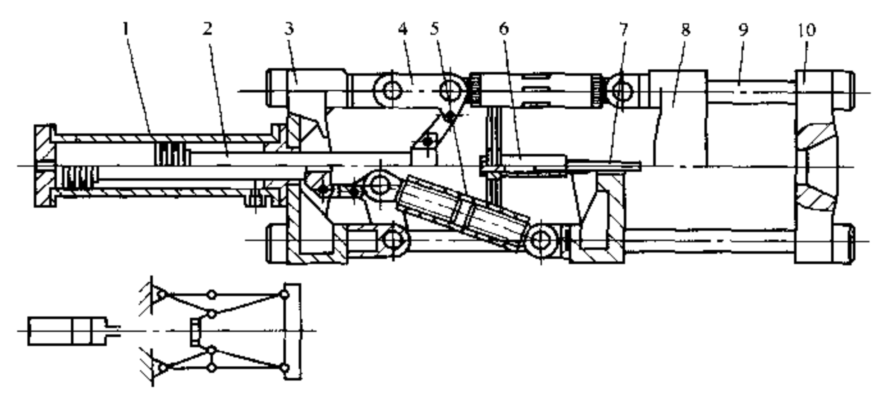


图 2.27　液压—双曲肘合模装置

1—合模油缸；2—活塞杆；3—后固定模板；4—肘杆机构；5—调模装置；6—推出装置；7—顶杆；8—移动模板；9—拉杆；10—前固定模板

液压—机械式合模装置的优点如下。

① 连杆式曲肘自身均有增力作用，当伸直时又有自锁作用，即使除去油缸推力，合模力也不会消失，使合模可靠。

② 机构的运动特性能满足工艺要求，即肘杆推动模板闭合时，其速度可以先快后慢，合模接近终了时，合模力急剧升高。

③ 由于设置的液压系统只用于操纵连杆或曲轴的运动，油缸的直径不需要很大，密封问题易解决，不容易产生泄露，在降低了功率消耗的同时也节省了投资。

液压—机械式合模装置的缺点如下。

① 肘杆机构结构复杂，加工精度要求高，在使用中易磨损，需用强度较高的材料加工制造。

② 模板间距、合模力、合模速度调节困难，必须设置专门的模板间距调节机构。但因其成本低，这种合模装置在中小型注射机中仍占优势。

4．模板距离调节机构

在液压—机械式合模装置中，由于模板行程不能调节，为适应不同厚度模具的安装及合模力的调整要求，增设了模板距离调节机构，简称调模机构，用于调节动、定模板间距。在液压式合模装置中，由于油缸活塞在行程范围内的任意位置都能停留并进行合模，故无需设置这一机构。该机构的调节根据注射机大小的不同，可分别采用手动、电动或液压驱动的方式进行。常见的模板距离调节机构有以下几种。

（1）螺纹肘杆调距

图 2.27 中调模装置 5 即为这种结构形式。调距时，应先松开调模装置 5 两端的锁紧螺母，然后再调节两端的调距螺母（分别为正旋和反旋螺纹），使肘杆的两段发生位移，改变肘杆的长度，从而达到调节模板距离的目的。这种形式的调距装置结构简单，制造容易，调节方便。应当注意的是，上、下两肘杆的调节长度应严格一致。由于螺纹肘杆和调节螺母要承受合模力，因此，该种结构只适用于小型注射机。

（2）移动模板间接大螺母调距

图 2.27 中移动模板 8 即为这种结构形式。它采用前、后两块移动模板，前移动模板用于安装模具，后移动模板用来与驱动机构联接。螺纹调节机构设在两移动模板之间，通过转动调节螺母，能实现模板距离及合模力的调整。这种形式的调距装置使用方便，应用较多；缺点是，由于增加了一块模板，使移动部分的重量和机身长度都相应增加。

（3）移动合模油缸位置调距

如图 2.28 所示，合模油缸外径 1 上有螺纹，其通过油缸螺母 4 与后固定模板 3 相连接。使用时，通过转动调节手柄 2 而旋动油缸螺母 4，使合模油缸 1 产生轴向位移，来达到调距目的。该结构通常用于小型注射机上。

（4）拉杆螺母调距

如图 2.29 所示，合模油缸 1 装在后模板 2 上，通过调节拉杆上的调节螺母 3，便可调节合模油缸的位置。应当注意的是，4 个调节螺母的调节量必须一致，否则模板会发生歪斜。要使 4 个螺母的调节量完全一致，手动调节是非常困难的，为此，有的设有联动机构。

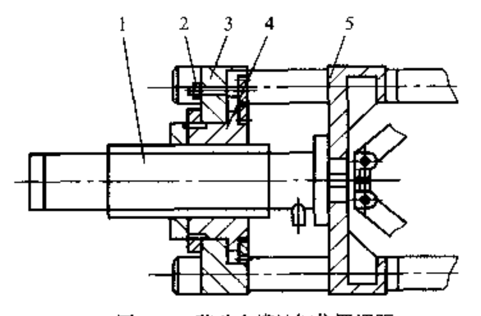


图 2.28 移动合模油缸位置调距

1—合模油缸；2—安装调节手柄的方头；3—后固定模板；4—油缸螺母；5—动模板

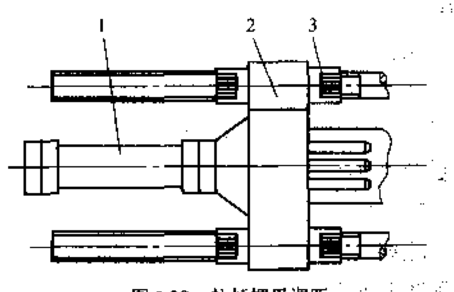


图 2.29 拉杆螺母调距

1—合模油缸；2—后模板；3—调节螺母

5．推出装置

推出装置是专为推出模内制品而设的。目前常用的推出形式有机械推出、液压推出和气动推出。

机械推出是利用固定在后固定模板或其他非移动件上的顶杆（如图 2.28 中的顶杆 7），在开模过程中与移动模板形成相对运动，并通过移动模板上的孔而推动模具上的脱模装置实现制品的推出。顶杆的长度可根据制品的需求通过螺纹调节，其位置可设在模板的中心或两侧。这种装置简单，应用较广，但不能实现脱模装置的先复位。

液压推出是利用专门设置在移动模板上的推出油缸，通过推动模具上的脱模装置实现制品的推出的。由于液压推出的力量、速度、时间、行程都能通过液压系统调节，且可实现自行复位，因此使用方便，应用较多。不足是，结构较复杂，推出点受到局限。

气动推出是利用压缩空气，通过模具上的微小气孔，直接把制品从模具型腔中吹出。此法结构简单，制品无推出痕迹，特别适用于盆状、薄壁或杯状制品。不足是，需要增加气源和气路，使用范围有限。

总体上说，对于小型注射机，一种推出形式就可能满足要求；但对于大型注射机而言，则有可能并用两种甚至三种推出形式。通常推出油缸放置在动模板中间，两侧设置机械推出装置。

2.2.4 注射机的主要技术参数

注射机的主要技术参数有公称注射量、注射压力、注射速度、塑化能力、合模力、合模装置的基本尺寸、开合模速度、空循环时间等。这些参数是设计、制造、购置和使用注射机的依据。

1. 公称注射量

公称注射量是指将注射机的注射螺杆或柱塞调整到最大注射行程，在对空注射的条件下，一次所能达到的最大注射量。该指标是表征注射机规格的重要参数，在一定程度上反映了注射机的加工能力，即一次所能成型的塑料制品的质量（g）上限。注射量的表示方法有两种，一种是以每次射出聚苯乙烯熔料的质量（g）来表示，另一种是以每次射出的熔料的容积（cm^3）来表示。我国注射机系列标准采用后一种表示方法，目前的注射机规格有 16、25、30、40、60、100、125、160、250、350、400、500、630、1000、1600、2000、2500、3000、4000、6000、6300、8000、16000、24000、32000、48000、64000cm^3 等。

从理论上来说，成型的塑料制品的最大质量可以是注射机的公称注射量，但实际上由于漏流（因压力梯度在螺杆与料筒间隙处所形成的与注射方向相反的倒流）或保压补缩作用的需要及其他因素的影响，实际注射量只取公称注射量的 75%～85%，通常多取 80%。

2. 注射压力

注射压力是指将熔料从料筒注射进模具所需的压力。因为熔料在流动过程中在喷嘴、浇注系统和型腔处都会遇到流动阻力，只有螺杆（或柱塞）对熔料施加足够大的压力，才能使熔料克服这些阻力而流动。影响注射压力的因素有塑料的性能、塑化方式、塑化温度、模具温度、制品的形状及精度要求等，因此注射压力要根据实际情况来选用。例如在加工粘度低、流动性好的塑料（如低密度聚乙烯、聚酰胺等）时，可选用 40MPa～60MPa 注射压力；加工中等粘度的塑料（如改性聚苯乙烯、聚碳酸脂等），当制品形状一般，但有一定精度要求时，可选用 100MPa～140MPa 的注射压力；加工高粘度的塑料（如聚砜、聚苯醚等），并且制品又为薄壁、长流程、厚度不均和精度要求严格时，可选用 140MPa～170MPa 的注射压力；加工精密优质微型制品时，注射压力可高达 230MPa～250MPa 以上。

3. 注射速率、注射速度和注射时间

注射速率是指将公称注射量的熔料在注射时间内注射出去，即单位时间内所能达到的体积流速。注射速度是指螺杆或柱塞的移动速度。注射时间是指螺杆（或柱塞）射出一次公称注射量所需要的时间。

注射速率通常是根据工艺要求、塑料性能、制品形状、浇口形式和模具冷却情况等选定，表 2.3 列出了几种注射机的注射速率参考值。注射时间根据注射机的大小不同而有差异，小于 1000 cm^3 的中小型注射机，注射时间通常为 3s～5s，大型或超大型注射机通常不超过 10s。此外，通过改变注射速度，即实施变速注射，提高了注射制品的质量，为形状复杂制品的成型提供了保障。

表 2.3　　常用注射速率参考值

工艺参数	注射机的注射量（cm^3）							
	125	250	500	1000	2000	4000	6000	10000
注射速率（cm^3/s）	125	200	333	570	890	1330	1600	2000
注射时间（s）	1	1.25	1.5	1.75	2.25	3	3.75	5

4．塑化能力

塑化能力是指单位时间内注射机的塑化装置所能提供的塑化均匀的熔料量。塑化能力应与注射机的成型周期相配合，即做到：一是充分发挥塑化装置的能力，不浪费；二是不因塑化能力的不足而增加成型周期。注射机塑化能力和塑化质量的提高可通过提高螺杆转数、增大驱动功率、改进螺杆的结构形式等来实现。

5．合模力

合模力是指注射机的合模机构对模具所能施加的最大夹紧力，也可称为公称合模力或最大合模力。在此力的作用下，模具不应发生被型腔内的熔料顶开而产生溢料现象。最大合模力和公称注射量都能反应注射机所能成型的最大制品的大小，是注射机重要的技术参数，我国也采用最大合模力作为注射机的规格标称。

合模力应满足下式：

$$F \geqslant k p_m A$$

式中，F— 合模力，N；

A— 制件及浇注系统在模具分型面上的投影面积之和，m^2；

p_m— 模腔平均压力，Pa；

k— 安全系数，一般为 1～2。

模腔的平均压力因受注射压力、塑料粘度、成型工艺条件、制件形状和工艺要求、喷嘴和浇注系统形式以及模具温度等各种因素的影响，其值较难取。表 2.4 所列为根据不同制品及塑料品种，通常所选用的平均模腔压力值。

表 2.4　　平均模腔压力值

制品要求、塑料特性	平均模腔压力值（MPa）	举　例
易于成型的制品	25	聚乙烯、聚苯乙烯等壁厚均匀的日用品、容器类
普通制品	30	薄壁容器类
高粘度塑料、制品精度高	35	ABS、聚甲醛等工业机械零件、精度高的制品
粘度特别高塑料、制品精度高	40	高精度的机械零件

近年来，国外注射机的合模力有普遍降低的趋势，这是通过改进螺杆结构设计，从而提高了塑化质量，对注射量进行精确控制，提高注射速度并实现程序控制，改进合模装置，提高螺杆和模具的制造精度和光洁度等一系列措施所致，它使功率消耗大大降低。

6．合模装置的基本尺寸

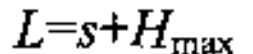
合模装置的基本尺寸主要包括模板尺寸、拉杆空间、模板最大开距、动模板行程、模具最大厚度和最小厚度等。这些参数规定了所用模具的尺寸范围、定位要求、相对运动程度及其安装条件。

（1）模板尺寸

图 2.30 为模具与模板及拉杆间距的尺寸关系。模板尺寸为 $L\times H$，拉杆间距为 $L_0\times H_0$。这两组尺寸参数表示了模具安装面积的大小，模具上下模板尺寸必须在注射机模板尺寸及拉杆间距尺寸规定的范围之内。注射机模板面积大约为其最大成型面积的 4～10 倍。

（2）模板最大开距

模板最大开距是指动模开启时，动模板与定模板之间的最大开距（包括调模行程在内），如图 2.31 所示。



$$L=s+H_{max}$$

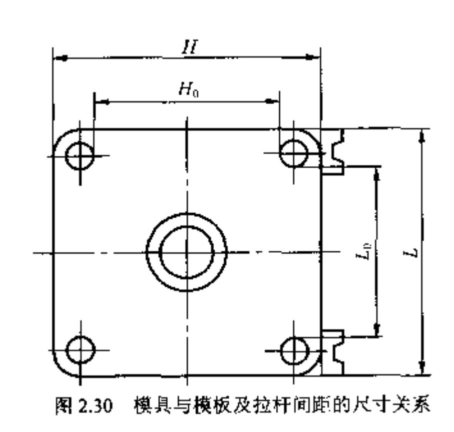


图 2.30　模具与模板及拉杆间距的尺寸关系

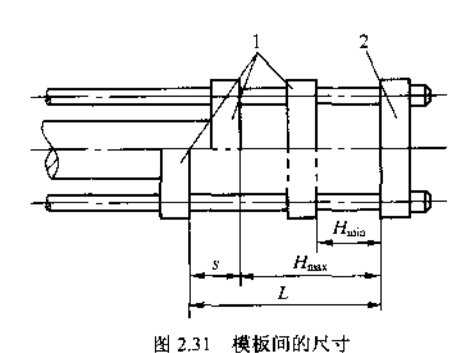


图 2.31　模板间的尺寸

1—动模板；2—定模板

式中，L—模板最大开距，mm；

s—动模板行程，mm；

H_{max}—模具最大厚度，mm。

为了使成型制件便于取出，一般最大开距 L 为成型制件最大高度 h 的 3～4 倍。

（3）动模板行程

动模板行程是指动模能够移动的最大值。一般用 s 表示。为便于取出制件，一般动模板行程 s 要大于制件最大高度的 2 倍。

为减小机械磨损和动力消耗，成型时尽量使用最短的模板行程。

（4）模具最大厚度 H_{max} 和最小厚度 H_{min}

模具最大厚度和最小厚度是指动模板闭合后达到规定合模力时，动模板与定模板之间所达到的最大和最小距离，这两值之差就是调模机构的调模行程。这两个基本尺寸对模具安装尺寸的设计十分重要。若模具实际厚度小于注射机的模具最小厚度，则必须设置模厚调整块，使模具厚度尺寸大于 H_{min}，否则就不能实现正常合模。若实际模具厚度大于模具最大厚度，模具也不能正常合模，达不到规定的合模力。这一点对曲肘式合模机构尤为突出。一般模具厚度应在 H_{min}～H_{max} 之间。

7．开、合模速度

一般注射机动模板运行速度是按慢—快—慢的节奏设计的。两头的慢是要求注射机在开模和合模的起始及终了阶段速度要慢，其目的是为了保护模具，制件推出能够平稳以及加工带有嵌件的制品时嵌件的定位能够稳定与准确。中间的快是要求注射机在开、合模运动的中

间，速度要快，以缩短成型周期，提高生产率。

从注射机发展过程来看，开、合模速度有提高的趋势。过去一般为 10m/min～20 m/min，而现在大部分注射机的快速移模速度为 30m/min～35m/min，有的甚至达到 70m/min。慢速移模速度一般在 0.24m/min～3m/min 的范围内。

8．空循环时间

空循环时间是指没有塑化、注射保压、冷却、取出制品等动作的情况下，完成一次循环所需要的时间（s）。它由合模、注射座前进和后退、开模以及动作间的切换时间所组成。

空循环时间是表征机器综合性能的参数，它反映注射机机械结构的质量、动作灵敏度、液压系统以及电气系统的性能（如灵敏度、重复性、稳定性等）。它也是衡量注射机生产能力的指标。

近年来，由于注射、移模速度的提高和采用先进的液压电器系统，空循环时间已大为缩短，即空循环次数大大提高。

2.2.5　注射机的安装、调试、操作及维护

1．注射机的安装

注射机的安装应遵循下列原则。

（1）注射机安装地面必须水平，而且地基必须有一定的承载能力。特别对于大型注射机，这一点非常重要。

（2）墙壁与机襟间应保持一定的距离，不仅考虑机器的操作，还要考虑机器维修时的拆卸；厂房顶部（天花板）要有模具悬吊的空间。

（3）要考虑地脚螺栓间的距离、地脚螺栓的大小和深度，应因机而定。

（4）考虑冷却水的流量，水管、气管的排放口。

（5）在安装时一般首先安装合模部分（大型机的注射部件与合模部件是分体式的）；把螺栓插入地脚孔内，把垫板和楔块放好后，再拿走辊杠。在安装注射部分之前，把地脚螺栓穿入地脚孔内，再灌入混凝土。当混凝土固化后，再校正找正，拧紧地脚螺母。调平找正后要使机身结合面完全接触，设法防止垫板与楔块滑出来。

（6）当机身稳固后，再装合模部件与注射部件之间的各种管路。安装时要按液压部分的布置图施工；按线路图联接电路以及温度控制线路等。

（7）最后，安装注射料斗。

2．注射机调试

注射机在开机之前必须严格地做好开机准备，其主要内容如下。

（1）接通操作柜上的主开关，并将操作的选择开关调到点动或手动上。

（2）按启动键再立刻停机，检查泵的运转方向是否正确，如发现不对，应立即停机调换两相接引电动机的电源线。

（3）冷却料筒进料口处的冷却水必须打开，并调节适中；因为冷却水流量过小进料口会粘结；反之则耗能。

（4）接通加热与温度调节系统。塑化装置的加热常采用电热圈加热形式。虽然注射机在出厂时已装紧，但在运输过程中可能会松动，影响加热效果，因此需检查。

（5）预热液压油。如果在油箱中的液压油温度过低，应马上启动加热器。

（6）机器启动应在液压系统无压的情况下进行泵的启动。在开泵之前一定要确保油箱中有液压油，否则泵会损坏。在启动之后再调节泵的溢流系统的压力到安全压力，在大型注射机中往往有两部压力系统。一个是合模单元；另一个是注射单元，两个单元各有一个压力放空阀。泵停止后，两个压力放空阀必须打开；当泵工作时，压力放空阀必须关闭。

（7）关闭安全门，根据安全保护要求，机器在工作时所有安全门都应关闭。对大型机，打开操作侧的安全门时，闭模动作就会被制止；如果进而打开另一安全门，油泵就会停止工作。

（8）调整好所有行程开关的位置，使动模板运行畅通。

（9）安装模具，在安装模具之前，必须清理干净模具表面与注射机模板的接触面。检查模具的定心是否与动模板的定心相符。检查推出杆是否伸进动模板内太多；在定模板方面要仔细检查模具的定心凸缘是否进入定模板的同心阅内。然后在低压下将模具合上，用螺栓拧紧固定模具的夹板。对于大型模具，这一切都须用吊车或起重架辅助完成。在模具安装好后，调节行程滑块，限制动模板的行程。

（10）调整推出机构，使之能够达到将制品从型腔推出的行程。

（11）调整模具保险装置。有的注射机可以调整得非常精确，在模具分型面上贴有 0.3mm 厚的油纸（检查用的）时是不允许接通微型开关的，然后再调整好模具闭合时的行程开关。

（12）调整合模力。合模力要根据注射压力和制品投影面积而定。要认真复查，防止出现不必要的高压，在保证制件质量的前提下应将合模力调到所需要的最小值，这样可以明显地节约电能，延长注射机的使用寿命。

（13）调节启闭模运动的速度和压力。在一般的情况下，高压用于快速运动，低压用于慢速闭模和慢速开模。首先把速度调整到预选值，然后再调整压力。

（14）料斗加料可以早一些，但必须检查料斗中是否有杂质或异物。当向空的料筒中加料时，要慢速旋转螺杆，一般不超过 30r/min，当确认物料从喷嘴中挤出时，再把转数调到正常。当料筒中塑料处于冷态时，千万不能旋转螺杆，否则螺杆、料筒会被损坏。注射机料筒从室温加热到所需的温度大约需要 30min 左右，大型机稍长一些。如果料筒内有剩余冷料，则须再保温一段时间（一般为 15min 左右）才能启动螺杆，以保证残余料充分熔融，避免损伤螺杆，造成传动装置因过载而损坏。在拆卸喷嘴、螺杆头等零件时，要避免使用强火焰。注射机塑化部件一般设置整体转动机构。在装拆料筒和螺杆时，首先将料筒（注射座）与原来位置偏转一个角度，使料筒避开模板。如果料筒内有剩料，应先加热到塑化温度，方能拆除喷嘴。然后将螺杆从传动装置上卸下，将其从料筒的前端推出。在拆卸螺杆头时，应注意螺杆头连接螺纹的旋向，一般为左螺纹。在发生咬紧时，不可硬扳，要施加对称力矩以利于转动。在组装时，螺纹连接处要涂耐热脂（如红丹或二硫化钼）。

（15）调节注射座行程，使喷嘴顶上模具浇口套，要注意在低压下调节并最好是将模具闭合后再进行调整，以保证模具的安全。通过限位开关或位移传感器，调整螺杆的计量和流延行程。

（16）调节注射压力，保压压力。注射压力主要作用于开始过程，从注射压力切换到保压压力主要依靠距离、时间或压力传感器来调节。

（17）调节背压压力、喷嘴控制液压缸压力以及推出压力。这些均通过液压系统相应配置的调节手柄来进行。

（18）按规定条件选择液压油和润滑油。注射机液压系统的工作介质对其性能影响很大。常用 N32 或 N46 机油或液压油。在夏季宜采用粘度较高的油液，冬季宜采用粘度较低的油液。油液必须保持清洁，油量要符合要求。在注射机运转过程中要注意液压油的油温，液压油经油冷却器冷却后的适用温度范围为 40℃～50℃。

（19）检查注油器的液面及润滑部位，要供给足够的润滑油。特别在曲肘铰链部位，缺润滑油有卡死的危险。动模板处于高速运动状态，因此，对导杆、拉杆要经常润滑。对曲肘式合模机构，肘杆之间的连接处在运动过程中应始终保持良好的润滑，以免咬死或损伤。在装有模具的情况下，在加工停顿或加工结束时，不要使模具长期处于锁紧状态，以免造成肘杆连接处断油，使模具难以打开。

（20）在使用过程中对调整好的各压力控制阀不要轻易去动。

3．注射机的操作

目前注射机常用的操作方式有调整、手动、半自动、全自动四种。

调整：是指注射机所有动作皆须在按下相应按钮的情况下以慢速进行。放开按钮动作即运行停止，又称之为点动。这种操纵方式适合于试模、装拆模具、螺杆和检修调整注射机时使用。

手动：是指注射机所有动作只须按动按钮就能按照调定的速度和压力将相应的动作进行到底。这种操纵方式多数用在试模和生产开始阶段，或组织自动生产有困难的一些制件上。

半自动：是指每一成型周期仅须把注射机的安全门关闭后，工艺过程的各个动作就按照预定的程序自动进行，直至一个成型周期进行完毕为止。此操作主要用于组织全自动化生产尚不具备条件的一些制件的加工上，例如必须由人工取出制件或放入嵌件的生产过程。这也是注射机经常所采用的操作方式。

全自动：是指注射机的动作程序全部自动且周而复始地进行。这种操纵可以减轻工人的劳动强度，是实现一人多机或全车间机台集中管理，进行自动化生产的必备条件。

注射机的动作过程可按预塑加料的先后次序分为固定加料、加料退回、退回加料三种。

固定加料：是指注射机在各次工作循环中，喷嘴始终同模具浇注系统相接触，也就是在加工过程中喷嘴没有后撤或前移的动作。这种方式比较适用于加工温度范围较宽的一般性塑料（如软聚氯乙烯、聚乙烯、聚苯乙烯、ABS 等），其特点是可缩短循环周期，提高注射机的生产率。

加料退回：是指在每次工作循环中，注射机的喷嘴都需做一次从模具的浇注系统处撤离的动作。但喷嘴退回的动作必须是在每次螺杆预塑后进行的，称之为加料退回。这种程序主要用在使用通用式喷嘴或需要用较高的背压进行预塑的场合，因为它可以减少喷嘴的“流涎”现象。

退回加料：如每次工作循环中螺杆预塑是在喷嘴退回之后进行的，称为退回加料。因为这种程序安排可使喷嘴同温度较低的冷模具接触时间为最短，所以适于加工温度范围较窄的结晶型塑料。

4．注射机的维护及保养

（1）注意事项

在注射机操作完毕停机后，要注意的事项如下。

① 把选择开关转到手动位置。

② 关闭进料闸板，停止向料筒供料。

③ 注射座退回，使喷嘴脱离和模具的接触。

④ 清除料筒中的余料，反复进行预塑和对空注射，使料筒内的剩料尽量排空。这时要降低螺杆转数，且空运转时间不要过长。

⑤ 对再生料或易分解的树脂，比如 PVC 等，要用 PE 或 PP 清洗。

⑥ 把全部操作开关和选择开关转到断开位置。

⑦ 把操作电源开关转到断开位置。

⑧ 关闭所有冷却水。

⑨ 停机之后要擦净注射机各部。

⑩ 定期检查紧固件的松紧情况，如有松动，应立即紧固好，以防发生事故。

（2）液压系统的一般维护

对于注射机的液压系统来讲，要想稳定、可靠地工作，充分发挥系统功能，延长使用寿命，就必须对系统进行仔细的维护和保养。一般来说，只要保养得好，液压元件的寿命往往比机械元件（如轴承等）的寿命要长。所以液压系统运行前一定要做好充分的检查、准备，在使用中做好认真的保养。

① 备好保养手册，手册中应包括在试车及运行期间应注意的事项。如试车前要做哪些准备工作，某些零件在什么时间接受检查以及液压油与液压元件的保养与更换要求等。

② 在试运行前，应仔细阅读设备使用说明书，对设备的液压系统有一个全面的了解，以便顺利地进行试车。

③ 保持系统干净，注射机的液压系统通常用矿物油作为传动介质，液压油的清洁与否极大地影响系统的使用性能和寿命。有相当多的液压系统故障是由于油液不清洁所造成的。因此必须用清洁的液压油作为传动介质。在将油液加入到油箱之前，应彻底将油箱清洗干净，确保油液不被污染。除了有特殊说明的油泵以外，在油泵的吸油口之前都加上过滤器，以避免杂物进入油泵。对于一些要求较高的系统，还应在压力管路和回油管路上安装精密的过滤器，以避免管路中的杂物进入油箱，污染油液。在试运行期间，过滤器每隔几小时就应检查一次，必要时加以清洗、更换。油箱中的油要根据老化程度和污染情况定期进行检查更换。第一次换油应在试运行后 50h～100h 进行，以后每隔 500h 左右就换油一次。

④ 防止空气和水分进入到液压系统中。系统中混入空气会影响系统的正常工作，产生噪声、振动、爬行现象，影响液压元件和机械元件的使用功能和寿命。此外，还会加速油液的变质。因此，应经常检查油面高度。检查密封情况和各结合面的紧固情况，及时地采取补充油液、更换失效的密封件等措施解决问题。对系统来说，还应避免水分混入油液，水分混入将会改变油的特性，并加速液压元件的损坏。

⑤ 防止油温过高，系统油温一般控制在 30℃～50℃之间，最高不超过 60℃。油温过高，将会加速油液老化，增加系统的泄漏，降低效率，并影响系统工作的稳定性、可靠性，增加故障发生率。此外还会破坏运动过程中油膜的连续性，加速液压元件的磨损。因此，还应合理地设计液压系统，减少发热，保证冷却条件，使油温保持在合适的温度范围之内。在防止油温过高的同时，还应注意油温太低问题，在寒冷地带或室温较低时，应先将油加热到 15℃～20℃，然后再进入正常运行。在选择油液牌号和冷却方式时，应根据不同的情况加以处理。

⑥ 在油泵初次启动以前或运行一段时间以后，应检查管路连接是否正常，有无松动、泄

漏，发现问题及时解决。在油泵启动或停止工作时，应使溢流阀处于卸荷状态，避免电动机带载启动。

（3）注射机的油路防漏措施

注射机和其他液压机械一样，系统泄漏情况往往是注射机的重要检查项目和维修依据，也是判断注射机故障的标志。

注射机发生泄漏的部位大多在各硬软管接头、O 形密封圈、液压缸、活塞与液压缸内壁、压力表及油封等部位，泄漏原因有以下几个方面。

① 由于加工粗糙，几何形状有误差，端面不平整，配管不良；有相对运动的配合组件装配得不好，密封圈压缩量不合适；加工零件表面有毛刺、锈蚀或粘附异物；由于自然磨损严重未修复而引起泄漏。

② 由于油液变质或油液与密封圈不配导致密封圈发生扭曲；端盖变形，接头松动；管子或液压缸等壁厚不足缺乏刚性，在高压油的作用下发生胀大或弯扭而发生泄漏。

③ 由于油温过高，使粘度下降和活塞与液压缸之间的内泄漏；或由于密封件受热变质，导致各密封处发生泄漏。

因此，无论对选择注射机还是使用注射机，关于注射机的防漏情况都要进行仔细的分析和检查，只有符合防漏要求的注射机才能正常、稳定且在节能的条件下进行工作。因此“防漏”是注射机重要质量标志之一，是不容忽视的。

5．模具在注塑机上的安装与调试

模具在注塑机上的安装与调试包括预检、吊装紧固、顶出距离和合模松紧程度的调整及加热线路、冷却水管等配套部分的安装、试模。

（1）预检

模具安装前，应根据模具装配图对其进行检验，了解模具的基本结构、动作过程及注意事项。

（2）吊装与紧固

首先将注塑机全部功能置于调整手动控制状态，根据模具图上标示出的吊装位置及方向，并按一定的吊装方式吊起模具（尽量将模具整体吊起）。

① 模具吊装方向

模具吊装方向的选择遵照以下几个原则。

- 模具有侧向分型抽芯机构时，尽量将滑块置于水平位置，在水平面内左右移动。
- 模具长度与宽度方向尺寸相差较大时，使较长边与水平方向平行，可以有效地减轻导柱拉杆在开模时的负载，将因模具重量而造成导向件产生的弹性变形控制在最小范围内，图 2.32（a）是正确的方法，图 2.32（b）是错误的方法。
- 模具带有液压油路接头、气动接头、热流道元件接线板时，尽可能放置在非操作面侧面，以方便操作。

② 吊装方式

一般将模具从注塑机上方吊进拉杆模座之间。当模具水平或垂直方向尺寸大于拉杆间距时，吊装方式如下。

- 当模具长度方向尺寸大于拉杆间水平距离 H_0 时，从拉杆侧面滑进的方法，适用于中小型模具。

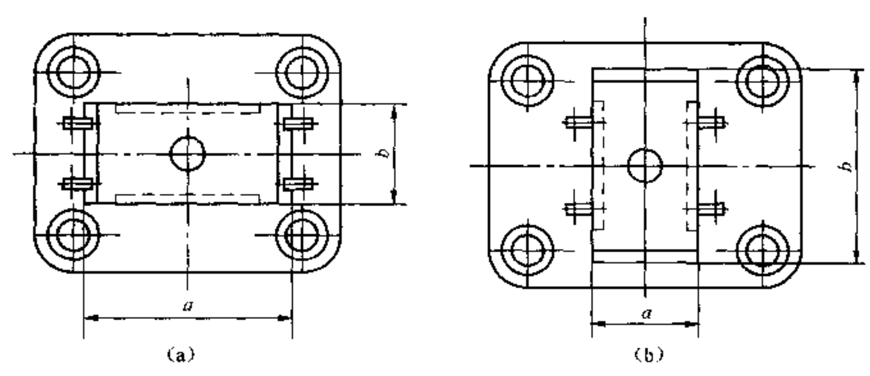


图 2.32　模具安装方向

- 将模具长度方向平行于拉杆轴线（模具闭合度 $H_{模}$小于拉杆水平距离 H_0，模具宽度方向尺寸小于拉杆垂直距离 V_0），从拉杆上方滑进拉杆之后，旋转 90° 即可，如图 2.33 所示。

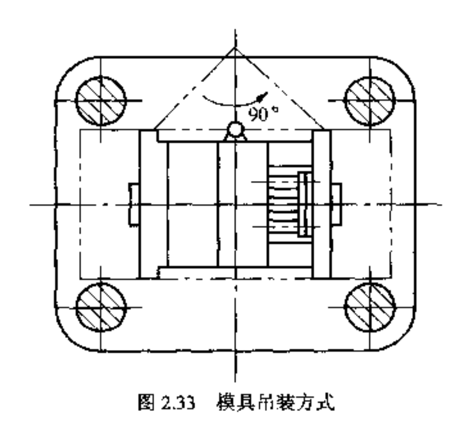


图 2.33　模具吊装方式

整体吊装成功，将模具定模板上的定位环装配入注塑机定模座上的定位孔，用螺钉或压板螺钉压紧定模，并初步固定定模，依靠导柱、导套将动、定模两部分启闭几次，检查模具在启闭过程中是否平稳、灵活，有无卡住现象，最后固定动模、定模，图 2.34 所示为模具紧固方式。

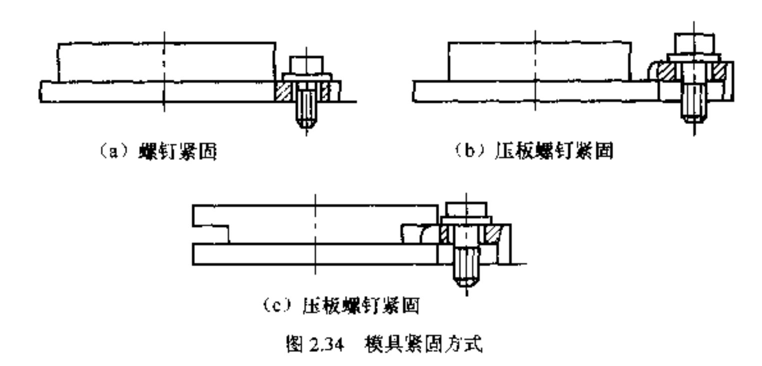


图 2.34　模具紧固方式

分体吊装与整体吊装相似，不同之处是模具动模部分是在定模吊装初步固定之后再吊装紧固。

工人吊装适用于中、小型模具，一般从注塑面侧面装入，在拉杆上垫两块木板将模具滑入拉杆中。

（3）顶出距离的调节

模具固紧后，慢速开启模具，达到开模行程 S 时，动模板停止后退，调节注塑机顶杆顶出距离 D，使模具上顶出板和动模板之间的间隙 $\delta \geq 5\text{mm}$，既能顶出塑件，又能防止损坏模具。

（4）合模松紧程度的调节

合模松紧程度以注塑塑件时，既不产生飞边，又保证模具有足够的排气间隙为原则。对全液压式锁模机构，合模松紧程度只要观察合模力是否在预定的工艺范围内即可；对于液压肘杆式锁模机构，目前主要凭经验和目测来调节，即在开模时，肘杆先快后慢，既不很自然，也不太勉强地伸直，合模松紧正好合适。

（5）模具配套部分的安装

配套部分的安装包括热流道元件及电气元件的接线、电控部分的调整、液压回路连接、气压回路连接、冷却水路的连接等辅助部分的安装。

（6）试模

试模前必须对设备的油路、水路及电路进行检查，并按规定保养设备，做好开车前的准备。

① 模具预热

模具预热方法大致有两种：一是利用模具本身的冷却水孔，通入热水进行加温。二是外加热法，即将铸铝加热板安装在模具外部，从外向内进行加温，这种方法加热快，但消耗量大。对中小型模具，无需进行模具预热。

② 料筒和喷嘴的加热

根据工艺手册中推荐的工艺参数将料筒和喷嘴加热，与模具预热同时进行。

③ 工艺参数的选择和调整

根据工艺手册中推荐的工艺参数初选温度、压力、时间参数，调整工艺参数时按压力、时间、温度这样的先后顺序变动。

④ 试注塑

当料筒中的塑料和模具达到预热温度时，可以进行试注塑，观察注塑塑件的质量缺陷，分析产生缺陷的原因，调整工艺参数和其他技术参数，直至达到最佳状态。

试注塑过程中，应详细记录模具状态和工艺参数，对不合格的模具应及时进行返修。表 2.5 列出了试模过程中易产生的缺陷及原因。

表 2.5　　试模时易产生的缺陷及原因

缺陷 / 原因	制件不足	溢边	凹痕	银丝	熔接痕	气泡	裂纹	翘曲变形
料筒温度太高		○	○	○		○		○
料筒温度太低	○				○		○	
注塑压力太高		○					○	○
注塑压力太低	○		○		○	○		

续表

缺陷 原因	制件不足	溢边	凹痕	银丝	熔接痕	气泡	裂纹	翘曲变形
模具温度太高			○					○
模具温度太低	○		○		○	○	○	
注塑速度太慢	○							
注塑时间太长				○	○		○	
注塑时间太短	○		○					
成型周期太长		○		○	○			
加料太多		○						
加料太少	○		○					
原料含水分过多			○					
分流道或浇口太小	○		○	○	○			
模穴排气不好	○			○		○		
塑件太薄	○							
塑件太厚或变化不大			○			○		○
成型机能力不足	○		○	○				
成型机锁模力不足		○						

2.2.6 注射生产控制

1．成型前准备

为确保注射过程顺利进行和保证质量，应对所用设备和塑料进行以下准备工作。

（1）注射机开机前的准备

为生产出合格产品，充分发挥注射机的效率和延长其寿命，注射机开机前应做好下列检查工作。

① 检查各按钮、操作手柄、手轮等有无损坏或失灵。各开关应在“断”的位置。

② 检查机器各运动部件（如拉杆、导轨、导杆、液压缸等）表面是否清洁，是否润滑良好，避免异物磨损运动件表面。打开润滑开关或将润滑油注入各润滑点。

③ 检查各紧固件是否有松动，电路、油路、水管等的连接是否可靠，各电器元件和仪表是否有明显损坏。

④ 检查料斗有无异物，喷嘴是否堵塞，液压系统的工作油量是否达到要求。

⑤ 检查加热装置是否有松动现象，对料筒进行预热，当料筒温度达到设定加工温度后应再恒温半小时方可进行开机工作。打开冷却系统。

（2）成型前成型工艺准备

① 原料的检验

根据各种塑料的特性及供料状况，一般在成型前对原料进行外观（指色泽、粒子大小及均匀性等）和工艺性能（熔融指数、流动性、收缩率等）的检验。如果来料为粉料，则有时还需进行捏和、染色、塑炼、造料等操作。有时需要将本色塑料染成要求的颜色，此时还需

进行着色工序。通常，将回收料（包括废品、浇注系统凝料等）的粉碎、着色、造粒等工序也列入成型前的准备。

② 塑料的干燥处理

有些塑料（如尼龙、聚碳酸酯、聚砜、有机玻璃）因其分子中含有亲水基因，容易吸湿，致使其含有不同程度的水分，当水分超过规定量时，塑件表面会出现银丝、斑纹和气泡等缺陷，甚至引起塑料在注射时出现降解，严重影响塑件的外观和内在质量。对于不吸湿或吸湿性很小的塑料（如聚乙烯、聚丙烯、聚甲醛），只要包装、运输、贮存条件良好，一般不必干燥。对于聚苯乙烯、ABS 塑料，为了提高塑件外观质量，防止气泡产生，往往要进行干燥处理。

干燥方法的选择，应根据其性能和具体条件进行选择。小批量生产用塑料，一般采用红外线干燥和热风循环烘箱。高温下受热时间长时容易氧化变色的塑料，如聚酰胺，宜采用真空烘箱干燥，大批量生产用塑料则通常采用负压沸腾干燥，一般延长干燥时间有利于提高干燥效果，但每种塑料在干燥温度下都有一段最佳干燥时间，延长干燥时间效果不大。干燥温度在常压时一般选在 100℃以上，当塑料的玻璃化温度低于 100℃时，干燥温度应控制在玻璃化温度以下。已经干燥过的塑料，应注意保证成型前的干燥效果，以防塑料重新吸湿。

③ 料筒的清洗

在注射成型前，如果料筒内残余塑料与将要使用的塑料不一致，需调换颜色，或发现塑料中有分解现象时，都需要对料筒进行清洗或更换。

螺杆式注射机通常是直接换料清洗，为节省时间和原料，换料清洗应根据塑料的热稳定性、成型温度范围及各种塑料之间的相溶性等因素采取下列正确的清洗步骤。

- 当新料的成型温度高于料筒内存料的成型温度时，先将料筒温度升至新料的最低成型温度，然后加入新料，并连续“对空注射”，直至全部存料清洗完毕，调整料筒温度进行正常生产。
- 当新料成型温度比存料成型温度低，则先将料筒温度升高到存料最好的流动温度后切断电源，用新料在降温下进行清洗。
- 当新料的成型温度高，熔融大，而料筒内的存料又是热敏性的，如聚氯乙烯、聚甲醛、聚三氟氯乙烯等时，为预防塑料分解，应选用流动性好、热稳定性高的聚苯乙烯或高压聚乙烯塑料做过渡换料。
- 当新料与存料成型温度相近时，则不必变更温度，直接清洗即可。

目前，已研制出一种新的料筒清洗剂，适用于成型温度范围在 180℃～280℃各种热塑性塑料的注射机料筒清洗。中小型注射机，清洗剂用量为 50g～200g。

④ 嵌件的预热

为了装配和使用强度的要求，塑件内常需要嵌入金属嵌件。由于金属和塑料的线膨胀系数相差很大，因而两者收缩率不一致，导致塑件冷却时嵌件周围出现裂纹而使塑件强度降低。因此，除在设计塑件时加大嵌件周围的壁厚，借以克服这种困难外，成型中对金属嵌件进行预热是一种有效措施。因为预热后可减少熔料与嵌件的温度差，因此在成型中，使嵌件周围的熔料缓慢冷却，均匀收缩，从而产生一定的热料补缩作用，以防止嵌件周围产生过大的内应力。

嵌件的预热视加工塑料的性质和金属嵌件的大小而定。对具有刚性分子链的塑料，如聚

碳酸酯、聚砜和聚苯醚等，因为它们的制件在成型中容易产生应力开裂，因此采用的金属嵌件一般都应预热。对容易被塑料熔体在模内加热的小型嵌件，可不必预热。预热温度以不损伤金属表面所镀的锌层或铬层为限，一般为110℃～130℃，对于表面无镀层的铝合金或铜嵌件，预热温度可达150℃。

⑤ 脱模剂的使用

脱模剂是使塑件容易从模具中脱出而敷在模具表面上的一种助剂。一般注射塑件的脱模主要取决于合理的工艺条件和正确的模具设计，但在生产中，由于模具型腔粗糙度太高，塑料易于粘模，造成脱模困难，所以通常使用脱模剂。

常用的脱模剂有三种：第一种是硬脂酸锌，一般塑料均可使用（聚酰胺塑料除外）。第二种是液体石蜡（俗称白油），其作为聚酰胺类塑料的脱模剂效果较好，除具有润滑作用外，还有防止制件内部产生空隙的作用。第三种是硅油，润滑效果良好，但价格昂贵，使用麻烦。

使用脱模剂时，要求涂层适量和均匀，否则会影响塑料的外观及性能。尤其是注射透明塑件时，更应注意。否则，会因用量过度而出现毛斑或混浊现象。

2．注射成型过程

完整的注射成型过程包括加料、塑化、注射、保压、冷却和脱模等步骤。

（1）加料

由于注射模塑是一个间歇过程，在每一个生产周期中，加入到料筒中的料量应保持一定，因为它关系到操作的稳定性、塑料塑化的均匀性以及制件性能的优良与否。加料时，既不能过多，也不能过少。加料过多时，受热时间长，容易引起塑料热降解，同时使注射机的功率损耗增加；加料过少时，料筒内缺少传压介质，模腔中塑料熔体压力降低，补缩不能正常进行，制品易出现收缩、凹陷、空洞等缺陷。因此，加料量以每次熔体充满型腔后，料筒前端还剩有一定的熔料（料垫层）作为传压介质满足保压和补缩作用为好。

（2）塑化与流动

塑化与流动是指塑料在料筒内经加热达到流动状态并具有良好的可塑性的全过程。因此可以说塑化是注射成型的准备过程。就生产的工艺而论，对这一过程的总体要求是：塑料在进入模腔之前应达到规定的成型温度并能在规定时间内提供足够数量的熔融塑料，熔料各点温度应均匀一致，极少发生热分解以保证生产的连续进行。上述要求与塑料的特性、工艺条件的控制以及注射机的塑化结构均密切相关，而且直接决定着制件的质和量。

由于塑料的导热性差，而熔体粘度又很高，这对热传递是不利的。塑料的性能与塑化质量关系很大，热敏性塑料对注射机类型及工艺条件比较敏感，吸水性强的塑料如干燥处理不好对塑化也有影响；料筒温度、螺杆转速等对塑化影响也很大。柱塞式注射机的塑化质量比螺杆式注射机差。

塑料的塑化是一个比较复杂的物理过程，它涉及固体塑料输送、熔化、熔体输送等许多理论问题；涉及注射机类型、料筒及螺杆结构等实际问题；还涉及工艺条件的控制问题。因此，在实际生产中必须重视这一过程的分析和控制，以保证塑件质量和生产过程的稳定。

（3）加压注射

加压注射是注射机用柱塞式或螺杆式的推动将具有流动性和温度均匀的塑料熔体，从料筒中经过喷嘴、浇注系统注入模腔的过程。这一过程所经历的时间虽短，但熔体在其间所发生的变化却不少，而且这些变化对塑件的质量更有重要的影响。

由于熔体与料筒、喷嘴、浇注系统及型腔的外表面以及熔体内部的摩擦，所以熔体自料筒注入模腔需要克服一系列的流动阻力，与此同时，还需要对熔体进行压实。因此，在注射成型过程中所用的成型压力应很高。

加压注射这一工序，实质上是在螺杆的压力作用下，已经加热塑化的塑料熔体的充模过程。当熔体没有注入型腔时，型腔内压力基本为零；当充模时，随着熔体量的迅速增加，型腔内的压力也迅速上升。塑料熔体完全充满型腔后，其压力达到最大值。

充模时间会影响压力和温度。当充模时间短，即快速充模时，熔体经过喷嘴、浇注系统进入型腔后产生大量的摩擦热，因而使熔体温度升高。由于温度较高，所以充模所需的压力较小。当熔体充满型腔，其压力达到最大值时，熔体仍保持较高的温度。当充模时间长，即慢速充模时，先进入型腔的熔体受到较快的降温冷却，粘度增大，后续充模的熔体就需要较大的压力。在这种情况下，熔体的最高温度是在离开喷嘴的瞬间，到型腔后温度就随之降低。

慢速充模时，塑件内部分子定向程度较大，塑件性能各向异性明显；快速充模时，高分子定向程度小，塑件熔接强度较高，但充模速度不宜过高。

熔体充模过程中的流动阻力大小，与注射机的类型、喷嘴及螺杆结构、浇注系统的形式及尺寸、型腔表面粗糙度等因素有关，也与塑料的性能、塑件的形状及尺寸、成型工艺条件等因素有关。

（4）保压

保压是从注射结束到柱塞或螺杆开始后移这段时间过程，即压实工序。保压的目的一方面是防止注射压力卸除后（由于柱塞或螺杆后退而引起的），已进入型腔内的熔体在尚未冷凝前，由于型腔内的压力比浇注系统流道内的压力高，导致熔体倒流；另一方面是在型腔内的熔体冷却收缩时，由于柱塞或螺杆继续缓慢向前移动，使料筒中的熔体继续注入型腔，以补偿其体积收缩的需要，从而保持型腔中熔体压力不变。

保压工序对于提高塑件的密度，减小塑件的收缩和克服塑件表面缺陷都有直接影响。此外，由于塑料还在流动，而且温度又在不断降低，定向分子容易被冻结，所以这一工序是大分子定向形成的主要阶段。这一阶段时间越长，分子定向程度也将越高。

（5）冷却定型

冷却定型是从塑料熔体完全冷凝时起到塑件从模腔中脱出时为止的过程。模具内塑料在这一阶段内主要是继续进行冷却、凝固、定型，以使塑件在脱模时具有足够的强度和刚度而不致发生破坏及变形。

在这一工序内，虽无塑料从浇口处流出或流进，但模内还可能有少量的流动，因此依然能产生少量的分子定向。

由于模内塑料的温度、压力和体积在这一工序中均有变化（温度迅速降低，塑料件收缩，压力降低），到塑件脱模时，模腔内压力不一定等于外界压力，模腔内压力与外界压力之差称为残余压力。当残余压力为正值时，脱模比较困难，塑件容易被划伤或破坏；残余压力为负值时，塑件表面容易产生凹陷或内部产生真空泡；所以只有残余压力接近零时，脱模才比较顺利，并能获得质量较好的塑件。

必须指出，塑料自进入模腔即被冷却，直到脱模为止。如果冷却速度过快或模具温度不均匀，则塑件因冷却不均匀而导致各部位收缩不均匀，从而使塑件产生内应力。

（6）制件的后处理

塑件经注射成型后，需要经过去除浇口料、修饰浇口处余料及飞边毛刺等。必要时还需对塑件进行后处理工序，以改善塑件的性能。后处理主要是退火处理和调湿处理。

① 退火处理

由于塑料在料筒内塑化不均匀或在模腔内冷却速度不同，因此常会产生不均的结晶、定向和收缩，致使制品存在内应力，这在生产厚壁或带金属嵌件的制品时更为突出。存有内应力的制件在贮存和使用中常会发生力学性能下降，光学性能变坏，表面有银纹，甚至变形开裂。生产中解决这些问题的方法是对制件进行退火处理。

退火处理的方法是使制品在定温的加热液体介质（如热水、热的矿物油、甘油、乙二醇和液体石蜡等）或热空气循环烘箱中静置一段时间。处理的时间决定于塑料品种、加热介质的温度、制品的形状和成型条件。凡所用塑料的分子链刚性较大，制品壁厚较大，带有金属嵌件，使用温度范围较宽，尺寸精度要求较高和内应力较大又不易自消的制件均需进行退火处理。但是，对于聚甲醛和氯化聚醚塑料的制件，虽然它们存有内应力，可是由于分子链本身柔性较大和玻璃化温度较低，内应力能缓慢自消，如果制品使用要求不严格，不必进行退火处理。一般退火温度应控制在制品使用温度以上10℃～20℃，或塑料的热变形温度以下10℃～20℃为宜。温度过高会使制品发生翘曲变形；温度过低又达不到目的。退火时间视制品厚度而定，以达到能消除制品内应力为宜。退火处理时间到达后，制品应缓慢冷却至室温。如冷却太快，有可能重新引起内应力而前功尽弃。退火的实质是：使强迫冻结的分子链得到松弛，凝固的大分子链段转向无规位置，从而消除这一部分的内应力；提高结晶度，稳定结晶结构，从而提高结晶塑料制品的弹性模量和硬度，降低断裂伸长率。

② 调湿处理

聚酰胺类塑料制件在高温下与空气接触时常会氧化变色。此外，在空气中使用或存放时又易吸收水分而膨胀，需要经过很长时间后才能得到稳定的尺寸。因此，如果将刚脱模的制品放在热水中进行处理，不仅可隔绝空气进行防止氧化的退火，同时还可加快达到吸湿平衡，故称为调湿处理。适量的水分还能对聚酰胺起着类似增塑的作用，从而改善制件的柔曲性和韧性，使抗冲强度和抗张强度均有所提高。调湿处理的温度一般为100℃～120℃，热变形温度高的尼龙品种取上限；相反，则取下限。调湿处理的时间随聚酰胺塑料的品种、制件形状、厚度及结晶度大小不同而异。

3．注射成型工艺条件的选择及控制

注射成型最重要的工艺条件是指影响塑化流动和注射冷却的温度、压力和相应的各个阶段的时间。在生产中，工艺条件的选择和控制就成为保证产品质量和生产顺畅进行的关键因素。

（1）温度

注射成型过程中需要控制的温度有料筒温度、喷嘴温度和模具温度等。前两种温度主要是影响塑料的塑化和流动，而后一种温度主要是影响塑料熔体在模内的流动和冷却。

① 料筒温度　料筒温度的选择原则是：保证塑料塑化良好，能顺利实现注射而又不引起塑料分解。因为料筒温度关系到最终的产品质量，因此其选择应从以下几方面慎重考虑。

- 塑料的特性

各种塑料的特性与料筒温度的选择有直接的关系。因为每种塑料都有各自不同的粘流温度 T_f（或熔点 T_m）和热分解温度 T_d，因此，在确定料筒末端温度时，应结合塑料的特性来加

以选择。对非结晶型塑料，料筒末端的温度应高于 T_f 而低于 T_d；对结晶型塑料，料筒末端的温度应高于 T_m 而低于 T_d。

对 T_f（或 T_m）～T_d 范围小的塑料，如聚氯乙烯、聚甲醛等，料筒末端的温度应取 T_f（或 T_m）～T_d 之间靠近 T_f（或 T_m）一侧的温度，以减少塑料热降解的危险。而对于 T_f（或 T_m）～T_d 范围大的塑料，如聚苯乙烯、聚乙烯、聚丙烯等，料筒末端的温度应取 T_f（或 T_m）～T_d 之间靠近 T_d 一侧的温度，以强化塑化效果。

塑料的热氧化降解机理十分复杂，而且随着外界条件的变化可以出现不同的形式。通常是温度越高，时间越长（即使是温度不十分高的情况下）时，降解的量就越大。因此对热敏性塑料，如聚甲醛、聚三氟氯乙烯、聚氯乙烯等，除需严格控制料筒最高温度外，还应控制塑料在加热料筒中停留的时间。

- 塑料的相对分子质量及分布

同一种塑料，由于来源和牌号不同，其流动温度及分解温度是有差别的，这是由于平均相对分子质量和相对分子质量的分布（分散度）不同所致。凡是平均相对分子质量高，分布较窄的塑料，熔融粘度都偏高，流动困难；而平均相对分子质量低，分布较宽的塑料，熔融粘度则偏低，流动则容易。为了获得适宜的流动性，前者较后者应适当提高料筒温度。

同理，对于经玻璃纤维填充增强以及分子链结构较刚性的一类塑料，如聚碳酸酯、聚甲基丙烯酸、尼龙 66 等，料筒末端的温度应取高些，以增加其流动性，否则料筒末端的温度应取低一点。

- 注射机的类型

塑料在不同类型的注射机（柱塞式或螺杆式）内的塑化过程是不同的，因而料筒温度的选择也不相同。柱塞式注射机中的塑料仅靠料筒壁及分流梭表面传热，而且料筒中的料层较厚，传热较慢，因此需要较高的料筒温度。在螺杆式注射机中，由于螺杆的剪切与混合作用使传热加快，同时还能获得较多的摩擦热，再加上料层薄，因此料筒温度可低于柱塞式注射机 10℃～30℃。

- 制品及模具结构特点

料筒温度的选择还应结合制品及模具的结构特点。由于薄壁制品的模腔比较狭窄，熔体注入时阻力大，冷却快，因此，为了顺利充模，料筒温度应选择高一些。相反，注射厚壁制品时，料筒温度可选择低一些。对于形状复杂或带有嵌件的制品，或者熔体充模流程曲折较多或较长的，料筒温度也应选择高一些。

料筒温度的分布，一般遵循从料斗至喷嘴温度由低到高的原则，以使塑料温度平稳上升而达到均匀塑化的目的。由于螺杆式注射机中有较多的摩擦热，因此均化段（靠近喷嘴段）温度常略低于熔融段（特别是螺杆转速较高时），以防止塑料的过热分解。对填充（增强）塑料（如玻璃纤维增强塑料），因塑化较困难，且颗粒较硬，为避免螺杆磨损，可适当提高加料段（料斗侧）温度，但应注意料斗底部的冷却，以免架桥。对含湿量（或其他挥发成分）较高的塑料，也可适当提加料段温度，以使水气或其他挥发成分能及时从料斗逸出。

② 喷嘴温度

注射时，塑料熔体在柱塞（螺杆）压力下高速通过喷嘴时会产生大量的摩擦热而使熔体温度升高。因此，喷嘴温度的设置通常略低于料筒最高温度，以避免因熔体料温过高、流动

性太好而发生可能的“流涎”现象。但喷嘴温度也不能太低，否则会造成熔料的早凝而将喷嘴堵死，或者由于过多的早凝料（超过冷料井容量）注入模腔而影响制品性能。大多数情况下，喷嘴温度应比料筒均化段温度低 10℃左右。

喷嘴温度的选择与其他注射工艺条件密切相关。例如选用低注射压力时，为保证熔体的充模，应适当提高喷嘴温度。反之，在较高的注射压力下，应取较低的喷嘴温度以减免摩擦升温带来的“流涎”现象。由于影响因素多，可在成型前通过对空注射来判断料温是否合适。若料条有变色分解的迹象，则应降低料筒温度和喷嘴温度。若出料困难，则料温过低，应适当提高喷嘴温度或注射速率（压力）。另外还可通过对注射开始后前几模制品的直观分析来确定喷嘴温度和其他成型工艺参数。

③ 模具温度

模具温度对制品的内在性能和表观质量影响很大。模具温度的高低决定于塑料有无结晶性、制品的尺寸与结构、性能要求以及其他工艺条件（如熔料温度、注射速度及注射压力、成型周期等）。模具温度通常是靠通入定温的冷却介质（一般为自来水）来控制的，也有靠熔料注入模具自然升温和自然散热达到平衡而保持一定的模温的。在某些情况下，有采用电阻加热圈或加热棒对模具加热而保持定温的。不管采用什么方法使模具保持定温，对塑料熔体来说都是冷却，因为保持的定温都低于塑料的玻璃化温度或工业上常用的热变形温度，以使塑料冷却定型。

对于非结晶型塑料，模温主要影响熔料的粘度，即影响充模速率。如果充模顺利，采用低模温是可取的，这样可以缩短冷却时间，提高生产效率。对于熔融粘度较低或中等的非晶型塑料（如聚苯乙烯，醋酸纤维素等），模温常选择得偏低一些；而对于熔融粘度高的塑料（如聚碳酸酯、聚苯醚、聚砜等），则必须采取较高的模温（聚碳酸酯 90℃～120℃，聚苯醚 110℃～130℃，聚砜 130℃～150℃）。由于这些塑料的软化点都较高，提高模温有利于调整制品的冷却速率使之趋于均匀一致，以防制品因温差过大而产生凹痕、内应力和裂纹等缺陷。

结晶性塑料注入模腔后，当温度降低到熔点以下时即开始结晶。结晶的速率受冷却速率的控制，而冷却速率是由模具温度控制的，因此模具温度直接影响制品的结晶度和结晶构型。模具温度高时，冷却速率小，但结晶速率可能大，因为一般塑料最大结晶速率的温度都在熔点以下的高温一边。其次，模具温度高时还有利于分子的松弛过程，分子取向效应小，但因高模温会延长成型周期并使制品因结晶度过高而发脆，因此在实际生产中很少采用。目前采用较多的是中等模温，因为此时冷却速率适宜，塑料分子的结晶和定向也都适中，具有较好的综合物理—力学性能。不过应当指出的是，中等模温，是指一个区域，具体的温度仍然需由实验决定。模具温度低时，冷却速率大，熔体的流动与结晶同时进行，但熔体在结晶温度区间停留的时间缩短，不利于晶体或球晶的生长，致使制品中分子结晶程度较低。如果所用塑料的玻璃化温度又低，如聚烯烃等，就会出现后期结晶过程，从而引起制品的后收缩和性能的变化。此外，模具的结构和成型条件也会影响冷却速率。例如提高料筒温度和增加制品厚度都会使冷却速率发生变化。因冷却速率不同而引起结晶程度的变化，对高压聚乙烯可达 2%～3%，低压聚乙烯可达 10%，聚酰胺可达 40%。即使是同一制品，其中各部分的密度也可能是不相同的。这说明各部分的结晶度不一样。造成这种现象的原因很多，但主要是熔料各部分在模内的冷却速率差别太大所致。

不论是结晶型还是非结晶型塑料，模具温度还将极大地影响制品中分子的取向和内应力。

一般模温越低，冷却速率越快。塑料解取向越困难，制品中分子取向程度越高，内应力越大。因此，对松弛时间长，解取向困难的刚性链分子，如聚碳酸酯等应取较高的模温。模腔结构复杂、厚薄变化大或带嵌件的制品易产生内应力，也应取较高的模温。

（2）压力

注射成型过程中的压力包括塑化压力、注射压力和保压压力。前者影响塑料的塑化效果，而后两者则直接影响塑料熔体的充模速率和制品的最终质量。

① 塑化压力（背压）

采用螺杆式注射机时，螺杆顶部熔料在螺杆转动后退时所受到的压力称为塑化压力，亦称背压，其大小可通过液压系统中的溢流阀来调整。

注射成型中，塑化压力的大小是随螺杆的设计、制品质量的要求以及塑料种类等的不同而异的。通常，塑化压力增加，物料在料筒内的停留时间延长，料温上升，熔体温度均匀性和混合均匀性提高。增加塑化压力还有利于排出熔体中的气体并使熔体密实程度增加。但是在螺杆转速不变的情况下，增加塑化压力会导致塑化速率的下降并增加塑料降解的可能性，尤其是选择浅槽型的螺杆。因此，实际生产中，塑化压力的大小应在保证制品质量的前提下越低越好，通常不超过 2MPa。

对热敏性塑料（如聚氯乙烯、聚甲醛等），塑化压力应尽可能低，以缩短物料在料筒内的受热时间，减少热分解的可能。随着螺杆转速的提高，熔料的温度也会上升，因此对热敏性塑料而言，在满足生产效率的前提下，应选用较低的螺杆转速。

对熔体粘度很低的塑料（如聚酰胺等），由于过高的塑化压力会增加塑料在螺杆中的漏流和逆流而使塑化速率急剧下降，因此对这类塑料而言，在满足塑化质量的前提下，应选择较低的塑化压力。

对热稳定性好，熔体粘度适中的塑料（如聚丙烯、聚乙烯、聚苯乙烯等），在需要混料或混色时，可适当提高塑化压力以增加熔体的温度、组分和颜色均匀性。虽然塑化量会有所下降，但可通过提高螺杆转速来补偿。

② 注射压力

注射压力是指螺杆顶部对塑料熔体所施的压力。注射压力在注射成型中所起的作用是克服塑料从料筒流向型腔的流动阻力，给予熔料一定的充模速率以及对熔料进行压实。

注射压力的大小决定了塑料的充模速率并影响到制品质量。随着注射机的类型、被加工塑料的种类及温度、制品结构的复杂程度、壁厚，特别是浇注系统设计等情况的不同，所需的注射压力也不相同。每一种制品都有它自己的最佳注射压力（速率）范围，见表 2.6。这个范围与许多因素有关，其中最主要的影响因素是制品的壁厚。通常，厚壁制品需用低的注射压力以避免过高的内应力；而薄壁制品宜用高的注射压力以利充模。

表 2.6　注射压力范围表

制件形状、要求	注射压力/MPa	适 用 塑 料
熔体粘度较低，形状精度一般	70～100	聚乙烯、聚苯乙烯
中等粘度，精度有要求，形状较复杂	100～140	聚丙烯、聚碳酸酯、ABS
粘度高，薄壁长流程，精度高且形状复杂	140～180	聚砜、聚苯醚、聚甲基丙烯酸甲酯
优质、精密、微型	180～250	

为保证产品质量，通常对注射速率都有一定要求，而注射速率与注射压力有直接关系。在其他条件相同的情况下，高压注射时注射速率高，而采用低压注射则注射速率也低。当采用慢速注射时，熔体以层流形式自浇口端流向模底，模腔中的空气能顺利排出，制品的质量较均匀。但不足是，由于充模时间长，塑料熔体的热量散失过多，致使其流动性下降，并带来充模不全、分层、熔接痕不牢等缺陷，最终引起制品强度和表面质量的下降。当采用高速注射时，常使熔体从层流变为湍流，严重的湍流会引起喷射。发生喷射的结果是模底先被塑料充满，排气通道被堵塞，模腔中的空气无法顺利排出。这些空气一部分被卷入塑料熔体内，大部分会随着不断涌入的高温熔体而被压缩并升温，进而引起塑料制品的局部烧伤及分解，最终造成制品密度不均匀，内应力较大，表面常出现裂纹等缺陷。实际生产中，注射速率的选择，通常都是经过试验后而加以确定的，一般先以低压慢速注射，最后根据制品的成型情况来最终调整注射速率。

适用高压注射成型的情况有：高粘度、玻璃纤维增强、冷却速率较快的塑料，采用柱塞式注射机来进行成型，制品面积大、壁薄、形状复杂、流程长，为获得优质、精密、微型制品等。

下列情况可采用中、低压注射成型：塑料熔体粘度不高，或塑料配方中含有外润滑剂的塑料，采用螺杆式注射机成型，模具结构简单、浇口尺寸较大，制品形状精度要求一般等。

注射过程中，注射压力与塑料温度实际上是相互制约的。料温高时，注射压力可减小；反之，所需注射压力加大。

注射压力对注射过程和制品的质量有很大的影响。随着注射压力的增大，塑料的充模速度加快，流动长度增加，制品中熔接强度提高，制品的密度增加，收缩率下降。但是，制品的内应力和取向度也随注射压力的增加而增大，所以，采用较高注射压力注射的制品应进行退火处理。

③ 保压压力

保压压力的作用是，压紧塑料，使塑料紧贴模壁，以获得精确的形状；同时使先后进入模腔中的塑料熔成一个整体；对模内塑料因冷却而引起的收缩进行补料。保压压力值在实际生产中有两种情况，一是等于注射时所用的注射压力，二是低于注射压力。如果注射和保压时的压力相等，往往可以使制品的收缩率减少，制品密实，力学性能好，并使批量制品之间的尺寸波动较小。缺点是造成脱模时的残余应力较大，脱模困难并使成型周期延长。但对结晶性塑料来说，成型周期也不一定增长，因为在高的保压压力下，结晶型塑料的分子链间距离缩小，分子链易于规整排列而结晶，且晶体熔点会增加，脱模可能提前。例如聚甲醛，如果压力加大 49MPa，则其熔点可提高 9℃，从而可以提前脱模。

（3）时间（成型周期）

完成一次注射成型所需的时间称为成型周期，也称模塑周期。它包括注射时间、冷却时间和辅助时间。注射时间主要包括充模时间（柱塞或螺杆前进时间）和保压时间（柱塞或螺杆停留在前进位置的时间）；冷却时间是指注射结束（柱塞式蝇杆开始后退）到开模的一段时间，实际上总冷却时间主要包括保压时间和冷却时间；辅助时间包括开模、脱模、涂脱模剂、安放嵌件、合模等时间。

成型周期直接影响生产率和设备利用率。因此，在实际生产中，应在保证质量的前提下，尽量缩短成型周期中各阶段的时间。

在整个成型周期中，以注射时间和冷却时间最重要，它们对制品的质量均有决定性的影响。充模时间是指螺杆（柱塞）的前进时间，一般不超过 10s（多为 3s～5s），注射速率越快，充模时间越短。保压时间是指螺杆（柱塞）停留在前进位置并对模腔内塑料压实的时间，保压时间在整个注射时间中所占比例较大，一般约为 20s～120s，特厚制品也可高达 5min～10min。保压时间与料温、模温、浇道（主、分浇道）及浇口大小有密切的关系。如果工艺条件正常，浇道及浇口尺寸合理，通常以制品收缩率波动范围最小为保压时间的最佳值。

冷却时间主要决定于制品的厚度、塑料的热性能和结晶性能以及模具温度等。冷却时间的终点，应以保证制品脱模时不引起变形为原则，一般制品的冷却时间约在 30s～120s 之间（特小或特厚制品除外）。冷却时间过长没有必要，因为它不仅会降低生产率，而且对复杂制品还将造成脱模困难，强行脱模时甚至会产生脱模应力或制品的损伤。

成型周期中的其他时间则与生产过程的连续化及自动化程度有关。实际生产中，应尽量减少辅助工序时间以提高生产力。

4．注塑机的操作

（1）注塑机的动作程序

喷嘴前进→注射→保压→预塑→倒缩→喷嘴后退→冷却→开模→顶出→退针→开门→关门→合模→喷嘴前进。

（2）注塑机操作项目

注塑机操作项目包括控制键盘操作、电器控制柜操作和液压系统操作三个方面，分别进行注射过程动作、加料动作、注射压力、注射速度、顶出形式的选择，料筒各段温度及电流、电压的监控，注射压力和背压压力的调节等。

（3）注射过程动作选择

一般注塑机既可手动操作，也可半自动和全自动操作。手动操作是在一个生产周期中，每一个动作都是由操作者拨动操作开关而实现的。一般在试机调模时才选用。半自动操作时机器可以自动完成一个工作周期的动作，但每一个生产周期完毕后操作者必须拉开安全门，取下工件，再关上安全门，机器方可继续下一个周期的生产。全自动操作时注塑机在完成一个工作周期的动作后，可自动进入下一个工作周期。在正常的连续工作过程中无须停机进行控制和调整。如需要全自动工作，必须主意：中途不要打开安全门，否则全自动操作中断；要及时加料；若选用电眼感应，应注意不要遮闭电眼。实际上，在全自动操作中通常也是需要中途临时停机的，如给机器模具喷射脱模剂等。

操作开始时，应根据生产需要选择操作方式（手动、半自动或全自动），并相应拨动手动、半自动或全自动开关。正常生产时，一般选用半自动或全自动操作。半自动及全自动的工作程序已由线路本身确定好，操作人员只需在电柜面上更改速度和压力的大小、时间的长短、顶针的次数等，不会因操作者调错键钮而使工作程序出现混乱。

当一个周期中各个动作未调整妥当之前，应先选择手动操作，确认每个动作正常之后，再选择半自动或全自动操作。

① 预塑动作选择

根据预塑加料前后注座是否后退，即喷嘴是否离开模具，注塑机一般设有以下三种选择。

固定加料：预塑前和预塑后喷嘴都始终贴进模具，注座也不移动。

前加料：喷嘴顶着模具进行预塑加料，预塑完毕，注座后退，喷嘴离开模具。选择这种

方式的目的是预塑时利用模具注射孔抵助喷嘴，避免熔料在背压较高时从喷嘴流出，预塑后可以避免喷嘴和模具长时间接触而产生热量传递，影响它们各自温度的相对稳定。

后加料：注射完成后，注座后退，喷嘴离开模具然后预塑，预塑完再注座前进。该动作适用于加工成型温度特别窄的塑料，由于喷嘴与模具接触时间短，避免了热量的流失，也避免了熔料在喷嘴孔内的凝固。

注射结束、冷却计时器计时完毕后，预塑动作开始。螺杆旋转将塑料熔融并挤送到螺杆头前面。由于螺杆前端的止退环所起的单向阀的作用，熔融塑料积存在机筒的前端，将螺杆向后迫退。当螺杆退到预定的位置时（此位置由行程开关确定，控制螺杆后退的距离，实现定量加料），预塑停止，螺杆停止转动。紧接着是倒缩动作，倒缩是指螺杆做微量的轴向后退，此动作可使聚集在喷嘴处的熔料的压力得以解除，克服由于机筒内外压力的不平衡而引起的"流涎"现象。若不需要倒缩，则应把倒缩停止开关调到适当位置，让预塑停止开关被压上的同一时刻，倒缩停止开关也被压上。当螺杆做倒缩动作后退到压上停止开关时，倒缩停止。接着注座开始后退。当注座后退至压上停止开关时，注座停止后退。若采用固定加料方式，则应注意调整好行程开关的位置。一般生产多采用固定加料方式以节省注座进退操作时间，加快生产周期。

② 注射压力选择

注塑机的注射压力由调压阀进行调节，在调定压力的情况下，通过高压和低压油路的通断，控制前后期注射压力的高低。

普通中型以上的注塑机设置有三种压力选择，即高压、低压和先高压后低压。高压注射是由注射油缸通入高压压力油来实现。由于压力高，塑料从一开始就在高压、高速状态下进入模腔。高压注射时塑料入模迅速，注射油缸压力表读数上升很快。低压注射是由注射油缸通入低压压力油来实现的，注射过程压力表读数上升缓慢，塑料在低压、低速下进入模腔。先高压后低压是根据塑料种类和模具的实际要求从时间上来控制通入油缸的压力油的压力高低来实现的。

为了满足不同塑料要求有不同的注射压力，也可以采用更换不同直径的螺杆或柱塞的方法，这样既满足了注射压力，又充分发挥了机器的生产能力。在大型注塑机中往往具有多段注射压力和多级注射速度控制功能，这样更能保证制品的质量和精度。

③ 注射速度的选择

一般注塑机控制板上都有快速—慢速旋钮用来满足注射速度的要求。在液压系统中设有一个大流量油泵和一个小流量油泵同时运行供油。当油路接通大流量油泵时，注塑机实现快速开合模、快速注射等，当液压油路只提供小流量时，注塑机各种动作就缓慢进行。

④ 顶出形式的选择

注塑机顶出形式有机械顶出和液压顶出两种，有的还配有气动顶出系统，顶出次数设有单次和多次两种。顶出动作可以是手动，也可以是自动。顶出动作是由开模停止限位开关来启动的。操作者可根据需要，通过调节控制柜上的顶出时间按钮来达到。顶出的速度和压力亦可通过控制柜面上的开关来控制，顶针运动的前后距离由行程开关确定。

⑤ 温度控制

以测温热电偶为测温元件，配以测温毫伏计成为控温装置，指挥料筒和模具电热圈电流的通断，有选择地固定料筒各段温度和模具温度。

料筒电热圈一般分为二段、三段或四段控制。电器柜上的电流表分别显示各段电热圈电流的大小。电流表的读数是比较固定的，如果在运行中发现电流表读数长时间的偏低，则可能电热圈发生了故障，或导线接触不良，或电热丝氧化变细，或某个电热圈烧毁，这些都将使电路并联的电阻阻值增大而使电流下降。

在电流表有一定读数时也可以简单地用塑料条逐个在电热圈外壁上抹划，看料条熔融与否来判断某个电热圈是否通电或烧毁。

⑥ 合模控制

合模是以巨大的机械推力将模具合紧，以抵挡注塑过程熔融塑料的高压注射及填充模具而令模具发生的巨大张开力。

关妥安全门，各行程开关均给出信号，合模动作立即开始。首先是动模板以慢速启动，前进一小短距离以后，原来压住慢速开关的控制杆压块脱离，活动板转以快速向前推进。在前进至靠近合模终点时，控制杆的另一端压杆又压上慢速开关，此时活动板又转以慢速且以低压前进。在低压合模过程中，如果模具之间没有任何障碍，则可以顺利合拢至压上高压开关，转高压是为了伸直机铰从而完成合模动作。这段距离极短，一般只有 0.3mm～1.0mm，刚转高压旋即就触及合模终止限位开关，这时动作停止，合模过程结束。

注塑机的合模结构有全液压式和机械连杆式。不管是哪一种结构形式，最后都是由连杆完全伸直来实施合模力的。连杆的伸直过程是活动板和尾板撑开的过程，也是四根拉杆受力被拉伸的过程。

合模力的大小，可以从合紧模的瞬间油压表升起之最高值得知，合模力大则油压表的最高值便高，反之则低。较小型的注塑机是不带合模油压表的，这时要根据连杆的伸直情况来判断模具是否合紧。如果某台注塑机合模时连杆很轻松地伸直，或“差一点点”未能伸直，或几副连杆中有一副未完全伸直，注塑时就会出现胀模，制件就会出现飞边或其他毛病。

⑦ 开模控制

当熔融塑料注射入模腔内及至冷却完成后，接着是开模动作，取出制品。开模过程也分三个阶段。第一阶段慢速开模，防止制件在模腔内撕裂。第二阶段快速开模，以缩短开模时间。第三阶段慢速开模，以减低开模惯性造成的冲击及振动。

⑧ 注塑工艺条件的控制

目前，各注塑机厂家开发出了各式各样的程序控制方式，大致有注射速度控制、注射压力控制、注入模腔内塑料充填量的控制、螺杆的背压和转速等塑炼状态的控制。实现工艺条件控制的目的是提高制品质量，使机器的效能得到最大限度的发挥。

⑨ 注射速度的程序控制

注射速度的程序控制是将螺杆的注射行程分为 3～4 个阶段，在每个阶段中分别使用各自适当的注射速度。例如，在熔融塑料刚开始通过浇口时减慢注射速度，在充模过程中采用高速注射，在充模结束时减慢速度。采用这样的方法，可以防止溢料，消除流痕和减少制品的残余应力等。

低速充模时流速平稳，制品尺寸比较稳定，波动较小，制品内应力低，制品内外各向应力趋于一致，例如将某聚碳酸脂制件浸入四氯化碳中，用高速注射成型的制件有开裂倾向，低速的不开裂。在较为缓慢的充模条件下，料流的温差，特别是浇口前后料的温差大，有助于避免缩孔和凹陷的发生。但由于充模时间延续较长容易使制件出现分层和结合不良的熔接

痕，不但影响外观，而且使机械强度大大降低。

高速注射时料流速度快，当高速充模顺利时，熔料很快充满型腔，料温下降得少，黏度下降得也少，可以采用较低的注射压力，是一种热料充模态势。高速充模能改进制件的光泽度和平滑度，消除了接缝线现象及分层现象，收缩凹陷小，颜色均匀一致，对制件较大部分能保证丰满。但容易产生制品发胖起泡或制件发黄，甚至烧伤变焦，或造成脱模困难，或出现充模不均的现象。对于高黏度塑料有可能导致熔体破裂，使制件表面产生云雾斑。

下列情况可以考虑采用高速高压注射：塑料黏度高，冷却速度快，长流程制件采用低压慢速不能完全充满型腔各个角落的；壁厚太薄的制件，熔料到达薄壁处易冷凝而滞留，必须采用一次高速注射，使熔料能量大量消耗以前立即进入型腔的；用玻璃纤维增强的塑料，或含有较大量填充材料的塑料，因流动性差，为了得到表面光滑而均匀的制件，必须采用高速高压注射的。

对高级精密制品、厚壁制件、壁厚变化大的和具有较厚突缘和筋的制件，最好采用多级注射，如二级、三级、四级甚至五级。

⑩ 注射压力的程序控制

通常将注射压力的控制分成为一次注射压力、二次注射压力（保压）或三次以上的注射压力的控制。压力切换时机是否适当，对于防止模内压力过高、防止溢料或缺料等都是非常重要的。模制品的比容取决于保压阶段浇口封闭时的熔料压力和温度。如果每次从保压切换到制品冷却阶段的压力和温度一致，那么制品的比容就不会发生改变。在恒定的模塑温度下，决定制品尺寸的最重要参数是保压压力，影响制品尺寸公差的最重要的变量是保压压力和温度。例如，在充模结束后，保压压力立即降低，当表层形成一定厚度时，保压压力再上升，这样可以采用低合模力成型厚壁的大制品，消除塌坑和飞边。

保压压力和速度通常是塑料充填模腔时最高压力和速度的 50%～65%，即保压压力比注射压力大约低 0.6MPa～0.8MPa。由于保压压力比注射压力低，在可观的保压时间内，油泵的负荷低，固油泵的使用寿命得以延长，同时油泵电机的耗电量也降低了。

注射压力既能使制件顺利充模，又不会出现熔接线、凹陷、飞边和翘曲变形。对于薄壁制件、多头小件、长流程大型制件的模塑，甚至型腔配置不太均衡及合模不太紧密的制件的模塑都有好处。

⑪ 注入模腔内塑料填充量的程序控制

预先调节好一定的计量，使得在注射行程的终点附近，螺杆端部仍残留有少量的熔体（缓冲量），根据模内的填充情况进一步施加注射压力（二次或三次注射压力），补充少许熔体。这样，可以防止制品凹陷或调节制品的收缩率。

⑫ 螺杆背压和转速的程序控制

高背压可以使熔料获得强剪切，低转速也会使塑料在机筒内得到较长的塑化时间。因而目前较多地使用了对背压和转速同时进行程序设计的控制。例如，在螺杆计量全行程先高转速、低背压，再切换到较低转速、较高背压，然后切换成高背压、低转速，最后在低背压、低转速下进行塑化，这样，螺杆前部熔料的压力得到大部分的释放，减少螺杆的转动惯量，从而提高了螺杆计量的精确程度。过高的背压往往造成着色剂变色程度增大；预塑机构和机筒螺杆机械磨损增大；预塑周期延长，生产效率下降；喷嘴容易发生流涎，再生料量增加。即使采用自锁式喷嘴，如果背压高于设计的弹簧闭锁压力，亦会造成疲劳破坏。所以，背压

压力一定要调得恰当。

随着技术的进步，将小型计算机纳入注塑机的控制系统，采用计算机来控制注塑过程已成为可能。日本制钢所 N—PACS（微型电子计算机控制系统）可以做到四个反馈控制（保压调整、模压调整、自动计量调整、树脂温度调整）和四个过程控制（注射速度程序控制、保压检验、螺杆转速程序控制、背压程序控制）。

（4）注塑机操作过程注意事项

养成良好的注塑机操作习惯对提高机器寿命和保证生产安全都大有好处。

开机之前应做到如下几点。

① 检查电器控制箱内是否有水、油进入，若电器受潮，切勿开机。应由维修人员将电器零件吹干后再开机。

② 检查供电电压是否符合正常标准，一般不应超过±15%。

③ 检查急停开关，前后安全门开关是否正常。验证电动机与油泵的转动方向是否一致。

④ 检查各冷却管道是否畅通，并对油冷却器和机筒端部的冷却水套通入冷却水。

⑤ 检查各活动部位是否有润滑油（脂），并加足润滑油。

⑥ 打开电热，对机筒各段进行加温。当各段温度达到要求时，再保温一段时间，以使机器温度趋于稳定。保温时间根据不同设备和塑料原料的要求而有所不同。

⑦ 在料斗内加足够的塑料。根据注塑不同塑料的要求，有些原料最好先经过干燥。

⑧ 要盖好机筒上的隔热罩，这样既可以节省电能，又可以延长电热圈和电流接触器的寿命。

操作过程中应注意以下几点。

① 不要为贪图方便，随意取消安全门的作用。

② 注意观察压力油的温度，油温不要超出规定的范围。液压油的理想工作温度应保持在45℃～50℃，一般在35℃～60℃范围内比较合适。

③ 注意调整各行程限位开关，避免机器在动作时产生撞击。

工作结束时应注意以下几点。

① 停机前，应将机筒内的塑料清理干净，预防剩料氧化或长期受热分解。

② 应将模具打开，使肘杆机构长时间处于闭锁状态。

③ 车间必须备有起吊设备。装拆模具等笨重部件时应十分小心，以确保生产安全。

2.3 压缩成型设备及压缩成型工艺

2.3.1 压力机的结构、工作原理及分类

塑料压力成型机主要为液压机，液压机最为常用，因此也称塑料液压机（简称液压机或压力机），它是以液压传递为动力的压制塑料制品的成型机械，主要用于压缩成型。

1. 压力机的结构

压力机的典型结构如图 2.35 所示。它由机身（包括上横梁、下横梁、立柱等）、工作油

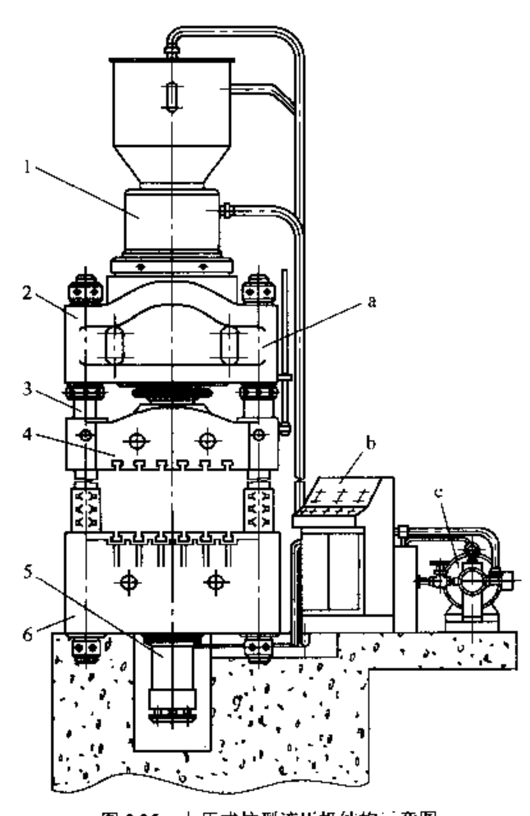


图 2.35　上压式柱型液压机结构示意图

1—工作油缸；2—上横梁；3—立柱；4—活动横梁；5—推出缸；6—作台（下横梁）；a—本体部分；b—操纵控制系统；c—动力部分

缸、活动横梁、推出机构、液压传动和电器控制系统等组成。

由图 2.35 可知，上压式液压机的工作油缸安装在上横梁上，活动横梁与工作油缸的活塞连接成整体，以立柱为导向上下运动（框式液压机以导轨为导向）并传递油缸产生的压力，向塑料施压。

2．工作原理

图 2.35 为上压式柱型液压机的结构示意图。压力机工作时，首先将塑料加入到敞开的模具内，随后工作油缸在通入的压力油的作用下，活塞连同活动的横梁以立柱为导向，向下（或上）运动，进行闭模，同时将压力机产生的力传递给模具并作用在塑料上。模具内的塑料在热的作用下熔融，与此同时借助压力机所施加的压力而充满模具型腔，然后在温度和压力的作用下进行交联反应。为了排出塑料在交联反应中放出的水分及其他挥发物，模具还需要进行短暂的卸压排气，随即闭模升压并保持一定时间，待交联反应进行到一定程度后，即开模取出制品。

3．压力机的分类

压力机的形式和其他塑料机械一样，都是由它们各自需要实现的工艺过程来决定的，其分类可按以下几种方法进行。

（1）按压力机机架结构分为柱式、框式和直角式液压机。

柱式液压机按柱子的个数又分为单柱式、双柱式、三柱式和四柱式，前三种通常用于中小型液压机，大型液压机为四柱式。图 2.36 为上压式框型液压机的结构示意图，其机架是通过焊接或铸造而成的一体式结构。

（2）按压力机操纵方式分为手动、半自动和全自动液压机。

（3）按压力机动作方式分为上压式、下压式、上下压式和直角式液压机。

图 2.35、图 2.36 即为上压式液压机，可供各类压缩模进行各种塑料制品的生产，是目前热固性塑料制品生产中使用最为广泛的一种设备。图 2.37 为下压式柱型液压机，因工作油缸位于压力机的下部而得名。由于操作不便，很少用于压缩成型，多用于各类层压板制品的生产。图 2.38 为上下压式液压机，其结构特点是有上、下两个液压缸，主要用于固定式压注模塑料制品的生产。图 2.39 为直角式液压机，主要用于用手工难以拆开具有侧凹的大型复杂制品的生产。

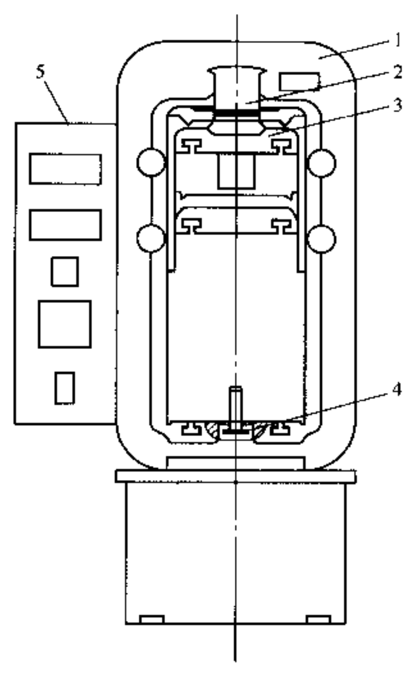


图 2.36　上压式框型液压机结构示意图

1—机身；2—工作缸；3—活动工作台（滑块）；

4—推出缸；5—电器箱

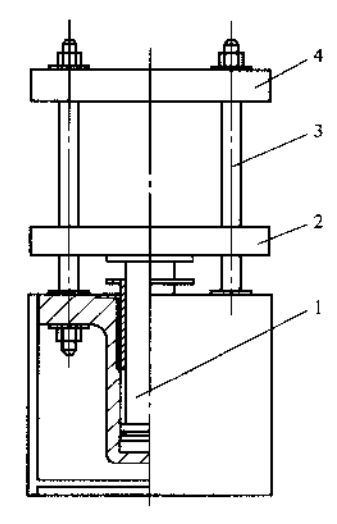


图 2.37　下压式柱型液压机

1—工作缸；2—活动工作台；

3—立柱；4—固定工作台

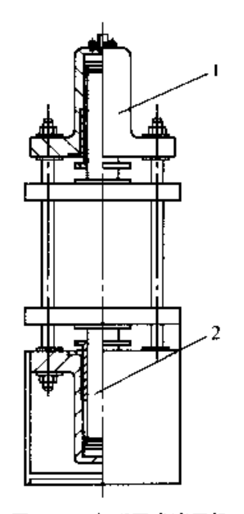


图 2.38　上下压式液压机

1—上压缸；2—下压缸

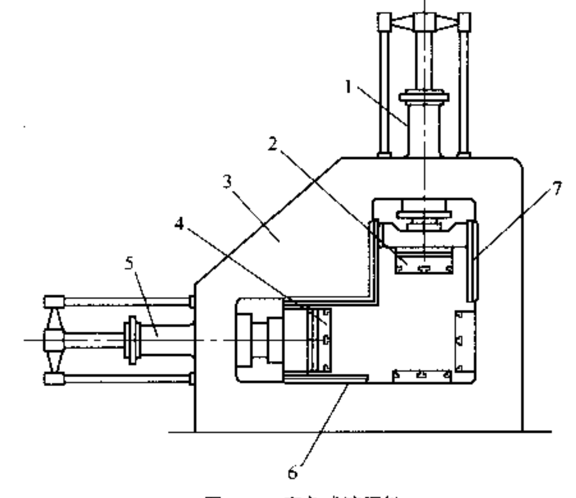


图 2.39　直角式液压机

1—上压缸；2—上活动板；3—机架；

4—下活动板；5—旁压缸；6—下导轨；7—上导轨

2.3.2　压力机的主要零部件

目前压缩机在成型中使用较多的为上压式柱型或框型液压机，下面仅就该种压力机的主要零部件作简要介绍。

1．上横梁

上横梁位于机架的上部，用于安装工作缸和承受工作缸的反作用力。对于中、小型压力机，其结构形式通常为焊接和铸造两种。为使上横梁在工作中受力后的应力分布较为合理，通常设计成上下封闭的箱式结构。

上横梁与工作缸的连接方式通常有两种：一种是依靠圆螺母固定液压缸，如图 2.40 所示；另一种是依靠法兰盘固定液压缸，如图 2.41 所示。

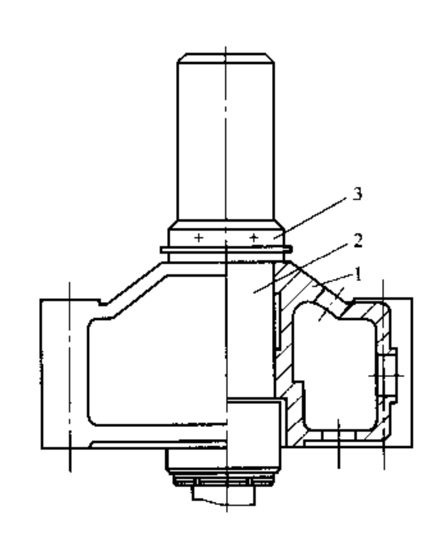


图 2.40 采用圆螺母固定液压缸的结构示意图

1—上横梁；2—液压缸；3—圆螺母

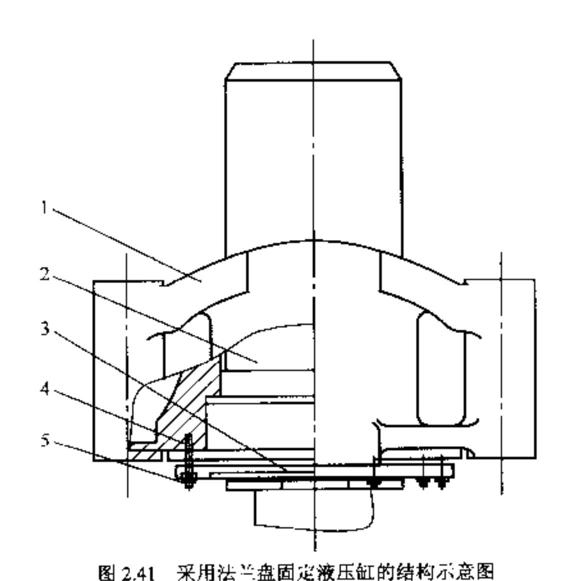


图 2.41 采用法兰盘固定液压缸的结构示意图

1—上横梁；2—液压缸；3—法兰盘；4—双头螺栓；5—螺母

2．工作台

工作台也称下横梁，是机架的安装基础，台面用于固定模具，工作时工作台承受机器的重量及全部载荷，同时也可安装推出液压缸、回程液压缸以及其他辅助装置。

工作台通常选用的材料和结构形式与上横梁相似。对于中、小型液压机而言，由于其推出力不是很大，因此工作台与推出缸的连接方式常采用图 2.42 所示的形式。

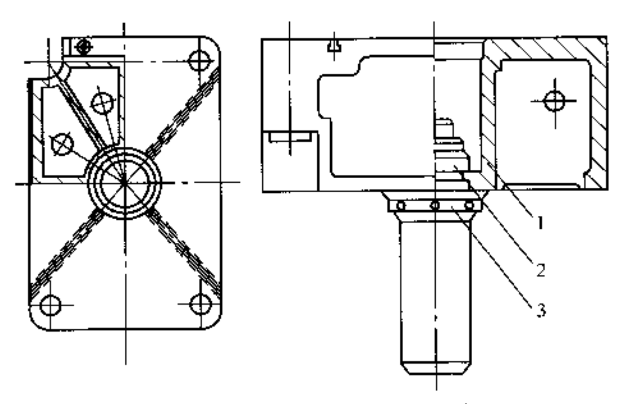


图 2.42 工作台与推出缸的连接结构

1—工作台；2—推出缸；3—螺母

为固定模具，一般在工作台和滑块的表面均开有 T 形槽，T 形槽的尺寸和数量主要根据压力机的回程力（即压制过程中的开模力）和推出制件的最大压力来决定。对于尺寸较小的工作台，常采用交叉布置的 T 形槽；大尺寸工作台上的 T 形槽常为平行布置，如图 2.43 所示。

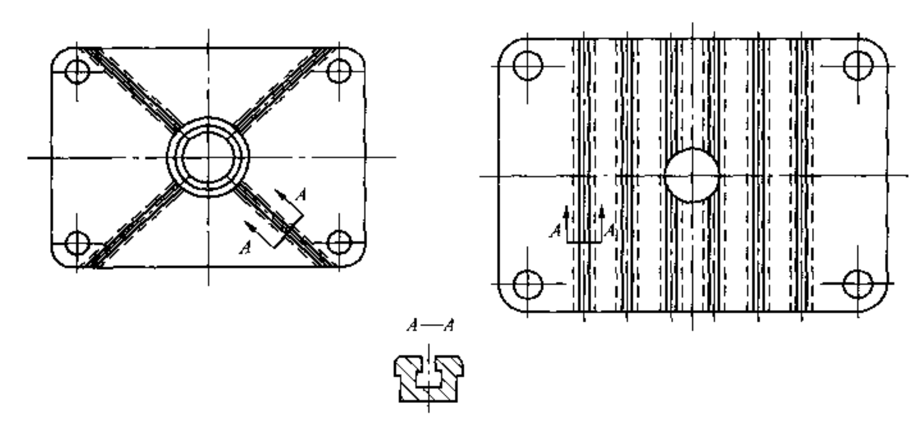
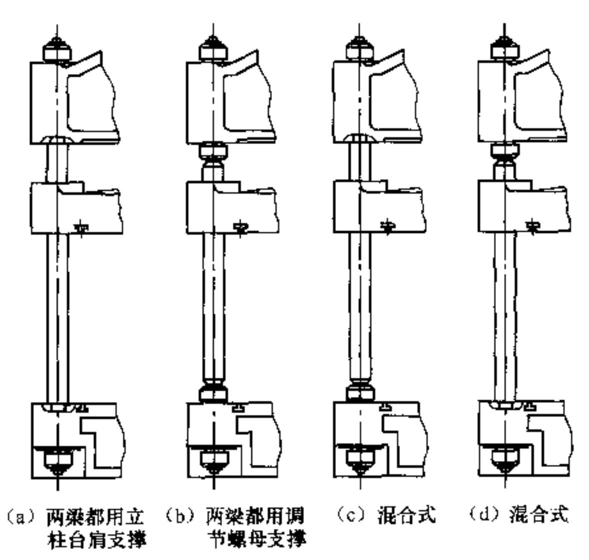


图 2.43　T 形槽的布置形式

3．立柱

立柱是压力机的重要支撑件和受力件，同时也是活动横梁的导向件。因此立柱应有足够的强度和刚度，且导向表面应有足够的精度、粗糙度和硬度。

图 2.44 为立柱的几种结构形式。它与上横梁以及工作台的连接方式是表明其结构的主要特征。在选择其结构时，除应考虑其与上、下横梁间能可靠锁紧外，还应考虑到便于安装和机器精度的调整。图 2.44（a）形式中，上、下横梁皆由立柱的台肩支撑，并采用锁紧螺母上下锁紧的形式。它具有结构简单、装配方便的特点，但由于其装配后机器不能进行调整，故仅在要求精度不高的小型简易液压机中采用。图 2.44（b）形式中，其组成零件最多，上、下横梁皆由调节螺母支撑，并采用锁紧螺母上下锁紧的形式。它具有可方便调整两梁的支撑距



（a）两梁都用立柱台肩支撑　（b）两梁都用调节螺母支撑　（c）混合式　（d）混合式

图 2.44　立柱的几种结构形式

离的特点，但紧固和机器精度调整困难，对立柱的螺纹精度和调节螺母的精度要求较高。图2.44（c）、（d）形式基本相同，上、下横梁的距离调整较方便，且具有精度调整和加工不复杂等优点，故应用较多。

4．活动横梁

活动横梁的主要作用是与工作油缸的活塞（或柱塞）杆连接，并将液压机的压力传递给压模；通过导向套沿立柱（框架式结构沿导轨）导向面做上下往复运动；安装和固定模具等。因此需要活动横梁具有较好的强度、刚度、导向结构及导向精度。图2.45为活动横梁的结构简图。

活动横梁与活塞（或柱塞）杆的连接方式有两种，即可动连接和刚性连接。

可动连接结构是采用球面铰链的连接方法，将活塞（或柱塞）与活动横梁连接起来，其典型结构如图2.46所示。运动过程中，活动横梁能绕球心做微小运动来克服液压缸、立柱两者导向轴线的不平衡，故此缸口导套磨损较小，该种连接形式通常在多缸液压机侧缸上采用。

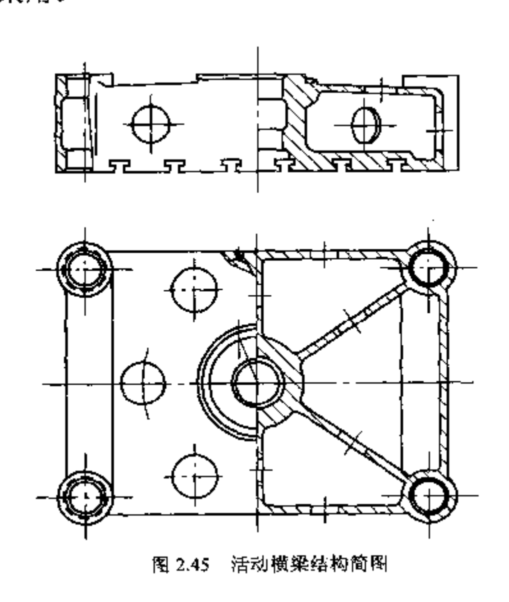


图2.45　活动横梁结构简图

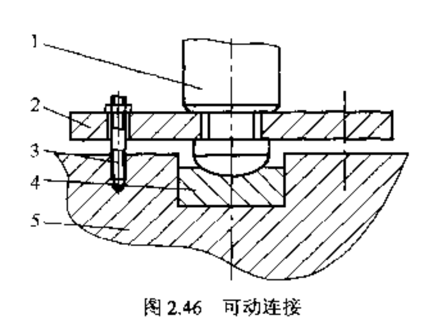


图2.46　可动连接

1—活塞杆；2—卡环；3—螺栓；4—球面垫；5—活动横梁

刚性连接结构是采用通过活塞（或柱塞）杆端面及圆柱面与活动横梁连接成没有相对移动的整体的连接方法，它具有结构较简单，装配较方便，刚性较大的优点，不足是调整困难。其结构形式多样，图2.47为其中一种。单缸式液压机以及多缸式主液压缸的活塞（或柱塞）杆与活动横梁的连接一般都采用这种刚性连接形式。

由于活动横梁是液压机的主要运动部件，为了保证液压机精度符合要求，应使导向套孔轴线与连接活塞（柱塞）杆的孔的中心线平行，与活塞杆接触平面对下平面也要平行。

5．推出机构

推出结构主要用于将压制完成后的制品从模腔内推出，分为手动、机械及液压推出等多种形式。通常在小型机台上多采用手动或机械推出结构，在大型机台上多采用液压推出结构。图2.48所示为YX-100液压机的机械推出机构。

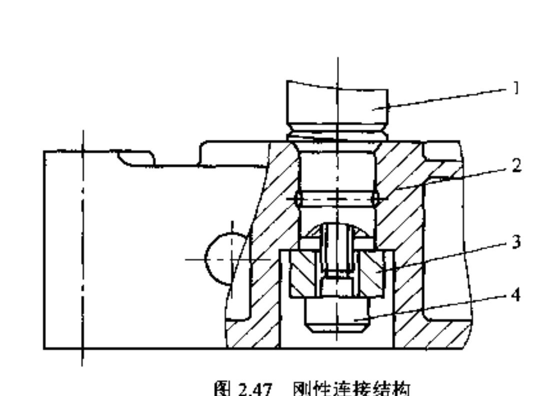


图 2.47　刚性连接结构

1—活塞杆；2—活动横梁；3—垫圈；4—螺钉

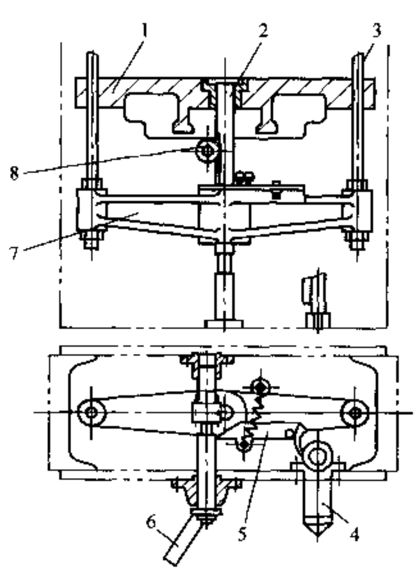


图 2.48　YX-100 液压机的机械推出机构

1—工作台；2—推杆；3—拉杆；4—手柄；5—离合闸板；6—手柄；7—托架；8—齿轮

液压推出与机械推出相比，具有推出力、推出速度和推出行程均可方便调节，结构紧凑，推出与回程均可随意调整等优点。

2.3.3　压力机的主要技术参数及选择

每台液压机都有一定的技术参数用来表示液压机的性能，并作为选用液压机的依据，下面主要介绍几个重要的技术参数。

1．公称压力 F

塑料液压机的系列（规格）是以公称压力的大小来表征的。公称压力代表液压机的压制能力，即最大压制力。

目前塑料液压机公称压力（kN）系列为 400、(450)、500、630、1000、1600、2500、3150、4000、5000、6300、10000。

2．工作液压力

工作液压力是液压机重要的参数，它影响工作油缸的大小、液压机的结构尺寸、液压传动系统的设计及机器的维修等一系列问题。目前国内塑料液压机所使用的工作液压力有 16、30、32、50MPa 等数种，但以 30MPa 的工作压力为常用。液压机的工作液压力不应过低，那样液压机会为获得大的工作压力而增加液压缸的尺寸，使液压机的结构及重量增加；但液压机的工作液压力也不应过大，那样液压机会为防止工作液的泄漏对密封有过高的要求。

3．回程力

上压式液压机在压制完成后，其活动横梁必须上行回程，活动横梁在回程时所需要的力称为回程力。

4．升压时间

升压时间虽然在一些液压机的性能参数中并未列出，但它是液压机一个比较重要的技术指标。因为在塑料压制成型过程中，不仅需要液压机能够产生足够大的压力，而且需要当被压制塑料处于粘度最低、流动性最好时，液压机的压力能迅速达到最大值，只有这样才能保证塑料充满型腔，得到合格的制品。故此，要求液压机的工作压力必须在一定的时间内升高到所需要的数值。目前，中、小型塑料液压机的升压时间大约在 10s 以内。

部分常用国产塑料液压机型号及主要技术参数见表 2.7。

表 2.7　　常用国产塑料液压机型号及主要技术参数

常用液压机型号	液压部分			活动横梁、工作台部分			顶出部分		
	公称压力 kN	回程压力 kN	工作液最大压力 MPa	横梁至工作台最大距离 mm	动梁最大行程 mm	动梁、工作台尺寸 mm×mm	推出杆最大推出力 kN	推出杆回程力 kN	推出杆最大行程 mm
45—58	450	68	32	650	250	400×360			150
YA71—45	450	60	32	750	250	400×360	120	35	175
YA71—45A	450	60	32	750	250	400×360	120		175
SY71—45	450	60	32	750	250	400×360	120	35	175
YX(D)—45	450	70	32	330	250	400×360			150
Y32—50	500	105	20	600	400	790×490	75	37.5	150
YB32—63	630	133	25	600	400	790×490	95	47	150
BY32—63	630	190	25	600	400	790×490	180	100	130
Y31—63	630	300	32		300		3（手动）		130
Y71—63	630	300	32	600	300	500×500	3（手动）		130
YX—100	1000	500	32	650	380	600×600	200		165 自动 280 手动
Y71—100	1000	200	32	650	380	600×600	200		同上
Y32—100	1000	230	20	900	600	900×580	150	80	180
Y32—100A	1000	160	21	850	600		165	70	210
ICH—100	1000	500	32	650	380	600×600	200		165 自动 250 手动
Y32—200	2000	620	20	1100	700	1320×760	300	82	250
YB32—200	2000	620	20	1100	700	1320×760	300	150	250
YB71—250	2500	1250	30	1200	600	1000×1000	340		300
ICH—250	2500	1250	30	1200	600	1000×1000	630		300
SY—250	2500	1250	30	1200	600	1000×1000	340		300
Y32—300 YB32—300	3000	400	20	1240	800	1700×1210	300	82	250
Y33—300	3000		24	1000	600				
Y71—300	3000	1000	32	1200	600	900×900	500		250
Y71—500	5000		32	1400	600	1000×1000	1000		300
YA71—500	5000	1600	32	1400	1000	1000×1000	1000		300

2.3.4　压力机的安装调试及安全使用和维护

1．安装调试

压力机的安装调试主要按照以下步骤来进行。

（1）按照设备所带说明书的要求来灌制地基，预埋地脚螺栓。

（2）开箱检查，按照装箱单一一对照各零部件，看是否齐全。然后清洁所有零部件，特别是对有相对运动的部位应重点清洁。同时根据零部件重量准备好吊装设备。

（3）按照说明书的要求顺序安装各零部件（如机身→滑块→液压缸→液压系统等）。

（4）用斜垫铁调整机身，使下工作台面水平误差小于 0.2‰。

（5）调整滑块运动轨迹对工作台面的垂直度公差不大于δ_1。调整滑块下平面对工作台面的平行度公差不大于δ_2。

$$\delta_1 = 0.03 + \frac{0.025}{100} L_1 (L \leqslant 1\text{m})$$

$$\delta_1 = 0.04 + \frac{0.025}{100} L_1 (L > 1\text{~}2\text{m})$$

$$\delta_2 = 0.05 + \frac{0.20}{1000} L_2 (L \leqslant 1\text{m})$$

$$\delta_2 = 0.07 + \frac{0.20}{1000} L_2 (L > 1 \sim 2\text{m})$$

式中，δ_1—滑块运动轨迹对工作台面的垂直公差值，mm；

δ_2—滑块下平面对工作台面的平行度公差值，mm；

L_1—检测垂直度的实际行程长度，等于滑块行程的 1/3，mm；

L—工作台面的最大长度，mm；

L_2—滑块下平面的最大实际检测长度，mm。

（6）拧紧各部位的螺钉、螺母，进行第二次水泥灌注。

（7）等地基硬化后，即可进行调试。首先检查电气、液压系统的连线是否正确，然后对机器各润滑部位进行清洁并加润滑油。

（8）将液压站加满油，并将压力阀、速度阀（流量阀）调到较低的位置，保证机器的初始动作在低压、低速下进行。

（9）启动液压泵，先在手动方式下试验机器的动作，观察滑块及推出装置的运动应准确平稳，系统油压为 30%额定压力时，不发生爬行、卡滞和明显的冲击现象。

（10）压力机的液压、电气元件及仪表动作应灵敏、正确、可靠。液压管路无泄漏现象。

（11）手动检验正确后，即可进行自动方式的检验，全部合格后方可进行负荷试车。

（12）连续负荷试车后，液压系统油箱的油温不得高于 60℃，液压管路在系统油压达到工作压力的 1.1 倍时，不得有泄漏现象。

2．安全使用和维护

压力机同其他设备一样，要认真地组织管理和使用。操作人员在使用设备前应首先熟悉设备结构性能和操作顺序，并严格遵守操作规程，任何情况下保证安全生产都是第一位的。工作中如发现机器严重漏油或发生动作不可靠、噪音大、有振动等不正常现象时，应立即停

车，分析原因并排除故障。严禁机器带病工作。机器在工作时不得进行检修或调整模具。

定期仔细对压力机进行维护保养，是延长机器寿命和提高生产率的有效方法。其内容有以下几项。

（1）定期对机器进行清洁。观察运动部位（特别是导柱、导轨部位）的润滑情况，及时更换或填加润滑油。

（2）定期检查液压系统元件工作情况，定期（一般半年）更换液压油并保持其清洁，工作时油箱油面不应低于油标线。

（3）定期检查和更换主液压缸和其他液压缸的密封圈以保证正常工作；观察电器系统的工作情况并及时除尘。

（4）模具安置时要严禁偏载；机器需较长时间停用时，应擦净机器，涂上防锈油，罩上防尘罩。

2.3.5 压缩成型工艺过程

压缩成型工艺过程主要包括预压、预热和干燥、嵌件的安放、加料、闭模、排气、固化、脱模、清理模具、制品后处理等。

1．预压

在压缩成型前，将松散的粉状或纤维状的热固性塑料在室温下预先用冷压法（即模具不加热）压成重量一定、形状一致的密实体的过程称为预压，所得到的物体称为预压物（或压锭、型坯、压片）。预压物的形状并无严格的要求，一般以方便并能紧凑地装入模具中为最好。

一般预压是在室温下进行的，但是当粉料在室温下不易预压时也可将温度提高到 50℃～90℃，在此温度下制成的预压物，其表面常有一层较为坚硬的熔结塑料，使流动性有所下降。预压时所施加的压力，应掌握在使预压物的密度达到制品最大密度的 80%为好，因为该密度下的预压物既有利于预热又有足够的强度。一般预压时的施压范围为 40MPa～200MPa，其根据粉料的性质及预压物的形状和尺寸而定。

预压的作用主要有以下几点。

（1）加料快而准确。避免加料过多或不足而造成的残次品。

（2）减小模具的加料室，降低模具制造成本。

（3）减少物料中的空气含量，加快物料中的热传导速度，提高了预压物的预热温度，缩短预热和固化时间，减少制品中的气泡含量，提高制品质量。

（4）采用与制品相似的预压物有利于模压较大的制品。

（5）避免压缩粉的飞扬，改善劳动条件。

采用预压的缺点是：增加了相应的设备和人力，产品成本有所提高，不适于结构复杂产品的生产。通常其只适用于大批量生产。

2．预热和干燥

为了提高制品质量和便于模压的进行，有时须在模压前将塑料进行加热。如果加热的目的只在去除水分和其他挥发物，则这种加热称为干燥。如果加热的目的是为模压提供热料，则这种加热称为预热。在很多情况下，加热的目的常是两种兼而有之。热塑性塑料主要是干燥，热固性塑料主要是预热。

采用预热的热固性塑料进行模压有以下优点。

（1）缩短了模塑周期，提高了生产率。

（2）增进了制品固化的均匀性，进而提高了制品的物理机械性能。见表2.8。

表2.8　预热对某种酚醛塑料物理机械性能的影响

（本表系以未预热的指标作为100计）

成型温度	预热情况	冲击强度	抗弯强度	马丁耐热	布氏硬度	吸水性（24h）
175℃	未预热	100	100	100	100	100
175℃	在175℃下预热	111	109.4	110	125	74

注：预热后电性能也有改进，即表面电阻和体积电阻系数增大；介质损耗角正切值变小。

（3）提高了塑料的流动性，减小了制品的塑料损耗、收缩率和内应力，提高了制品的稳定性、表面光洁度及成品率。

（4）降低了成型压力，提高了设备利用率（用小吨位的压机模压较大的制品）。

根据塑料种类及牌号的不同，需要确定不同的预热条件。最合适的预热条件就是热固性塑料获得最大流动性时的条件，通常是在一定的预热温度下找出预热时间与流动性的关系曲线，然后根据曲线定出预热条件。常用热固性塑料的预热温度范围见表2.9。

表2.9　常用热固性塑料的预热温度范围

塑料范围	预热温度范围
酚醛塑料	分低温和高温两种，低温为80℃～120℃，高温为160℃～200℃
脲甲醛塑料	最高不超过85℃
脲—三聚氰胺甲醛塑料	80℃～100℃
三聚氰胺甲醛塑料	105℃～120℃
聚酯塑料	只有增强塑料才预热，预热温度为55℃～60℃

预热和干燥常用的方法有：热板加热、烘箱加热、红外线加热、高频加热等。

3．嵌件的安放

嵌件通常是作为制品中导电部分或使制品与其他物体结合用的，常用的嵌件有轴套、轴帽、螺钉和接线柱等。一般嵌件只需用手（模具温度高时，操作时应带手套）按固定位置安放，特殊的需用专门工具安放。安放时要求正确和平稳，以免造成废品或损伤模具。嵌件的安放通常在加料前进行。

4．加料

在模具内加入模压制品所需分量塑料的操作为加料。加料既可用手加，也可用工具（勺等）来进行。

加料方式有重量法、容积法和计数法三种。重量法的特点是：计量准确但麻烦，多用于制品尺寸要求准确及难以用容积法加料的塑料，如碎屑状、纤维状塑料。容积法的特点是：操作方便，但计量不如重量法准确，多用于颗粒均匀、压缩率小的粉料计量。计数法的特点是：加料准确、迅速、方便，用于预压锭加料。

加料前应仔细检查型腔，清除异物和污渍，加料时应根据型腔的形状对塑料流动阻力大的部位多加些料，对嵌件周围的粉料应预先压紧，防止塑料受压流动时冲击嵌件。由于加料量直接影响制品的密度和尺寸，故不能多加，易产生飞边，厚度尺寸不准确，难以脱模，甚

至损害模具；也不能少加，易造成制品密度差，影响刚、强度，光泽性差，产生废品。

5．闭模

加料完毕后即进行闭模，当模具没完全闭合前，合模的速度应尽可能快，其目的一是借以缩短模塑周期，二是避免塑料过早固化或过多降解。当凸模触及塑料后，合模速度即行放慢（当然速度也不应过慢），其目的一是避免模具中嵌件、各种成型杆或型腔遭到损坏，二是慢速合模可使模内的气体得到充分的排除。闭模所需的时间自几秒至数十秒不等。

6．排气

成型热固性塑料时，由于化学交联反应的发生，常有水分和低分子物放出，因此在模具闭合后，待化学交联反应进行到适当时间时还需要将模具松动片刻，以排除以上气体，该工序称为排气。排气不但可以缩短固化时间，而且有利于制品性能和表面质量的提高。排气的次数和时间按需要而定，通常排气的次数为一至二次，每次几秒到几十秒。

7．固化

热塑性塑料的固化是将模具冷却，以使制品获得相当强度而不致在脱模时发生变形。热固性塑料的固化是在规定模温下保持一段时间，使其性能达到最佳为度。为了提高生产率，对于固化速率不高的塑料，有时不必将整个固化过程放在模具内完成，只要制品能够完整地脱模即可结束固化。对提前结束固化时间的制品需用后烘的办法来完成它的固化，例如提前结束固化时间的酚醛制品，其后烘温度范围为 90℃～150℃；时间是几小时到几十小时，这些视制品的薄厚而定。通常制品在模内的固化时间为 30 秒至数分钟。固化时间的长短决定于塑料的种类，制品的厚度，物料的形式以及预热和模具的温度，一般由实验方法确定。固化时间过长或过短，对制品的性能都是不利的。

8．脱模

固化后制品与模具分开的工序称为脱模。通常脱模是靠推出杆来完成的。带有成型杆或嵌件的制品，应先用工具将成型杆拧脱，而后再进行脱模。

9．清理模具

脱模后，需用铜刷（或铜签）刮出留在模具内的塑料，然后再用压缩空气吹净凸模和凹模，当上述方法不能将模具清理干净时，需用抛光剂拭刷。

10．制品后处理

热固性塑料制品脱模后常需要进行后处理，其目的是使制品固化更加完全，减少制品的水分和挥发物，提高制品的电性能，减少或消除制品的内应力。一般后处理在烘箱内进行，后处理的温度和时间取决于制品的形状、塑料的种类及成型条件等。通常后处理的温度为高于成型温度的 10℃～15℃。

2.3.6 压缩成型的工艺特性和影响因素

压缩成型的工艺条件主要是成型（模压）压力、成型（模压）温度和成型（模压）时间。而其中成型温度和成型时间又有密切的关系。下面就温度、压力和时间等因素对压缩成型过程的影响分别予以讨论。

1．成型压力

成型压力是指压缩成型时为迫使塑料充满型腔和进行固化而由压力机通过模具对塑料所施加的压力。其小于等于压力机的最大公称压力。

成型压力的作用有：使塑料在模具中加速流动，尽快充满型腔；增加制品的密度；克服塑料在固化反应中放出低分子物及挥发物所产生的压力，进而防止制品出现肿胀、起泡、脱层等缺陷；保持制品的尺寸和形状；防止制品在冷却时发生变形。

成型压力的大小取决于塑料及填料种类、模具温度、预热温度、制品形状等因素。通常是：塑料的流动性越小、硬化速度越快、压缩率大，所需要的成型压力也越大；制品形状复杂、深度大、薄壁和面积大时，所需要的成型压力也越大；当压制带有布片、石棉纤维填料类的制品时，所需的成型压力也越大。

成型压力的大小对制品质量有直接的影响。压力大，可增加流动性和制品的密度，降低制品的成型收缩率，提高性能，但使模具的寿命缩短，设备的功率消耗增加。压力小，制品内部易形成气泡，降低制品质量。

在一定的范围内提高模具温度，可增加塑料的流动性，成型压力可适当降低。但应注意的是，模具温度要控制得当，以免造成局部过热而使制品性能变坏。

常用热固性塑料成型压力范围见表 2.10。

表 2.10　　常用热固性塑料的成型压力与成型温度

塑料类型	成型温度（℃）	成型压力（MPa）
酚醛塑料	145～180	7～42
三聚氰胺甲醛塑料	140～180	14～56
脲甲醛塑料	135～155	14～56
聚酯	85～150	0.35～3.5
邻苯二甲酸二丙烯酯	120～160	3.5～14
环氧树脂	145～200	0.7～14
有机硅	150～190	7～56

2．成型温度

成型温度是指压缩成型时所规定的模具温度。成型温度并不等于模具型腔内塑料熔体的温度。

热固性塑料在压缩成型时，模具温度是影响其塑化流动及固化成型的主要因素，它决定着成型过程中交联反应的速度，并影响塑料的充模过程及制品的最终性能。

热固性塑料在受到温度作用时，其粘度和流动性均会发生很大的变化，在较低的温度范围内，塑料熔体的流动性随温度的上升而增加，即粘度随温度的升高而下降。当超过某一临界温度而到达较高温度范围内时，随着温度的再升高，塑料熔体的流动性开始下降，这是因为随着温度的升高，交联反应速度加快，熔体的粘度升高，致使流动性下降。

成型过程中模具温度的选择要适度，过高虽会加快硬化速度，缩短固化时间，但往往会因硬化速度太快，使塑料熔体的流动性降低太多而导致充模不满，特别是在成型形状复杂、壁薄、深度大的制品时，这种弊病更为突出。另外，过高的模温还可能引发制品变色，表面暗淡，内外硬化速度不均而产生内应力，内层的挥发物难以排除，致使制品在模具开启时发生膨胀、开裂、变形或翘曲等，甚至引起有机填料的分解，最终使制品的力学性能降低。

在成型厚度较大的制品时，易采用降低模具温度，延长成型时间的工艺规程。但模温也不能过低，过低的模温不仅使固化速度慢，而且效果差，也会造成制品的灰暗，甚至表面发

生肿胀，这是因为固化不完全的外层受不住内部挥发物压力作用的结果。对经过预热的塑料成型时，由于内外层温度较均匀，流动性好，故可适当提高模具温度。有关常用热固性塑料的成型温度（模具温度）见表 2.9。

3．成型时间

成型时间是指从闭模加压起，物料在模具内升温到固化脱模为止的这段时间。它直接影响制品的成型周期和固化度。为提高生产率，应尽量缩短成型时间。影响成型时间的因素很多，如塑料的种类、制品的形状及厚度、模具结构、模压压力、温度及相关操作（是否排气、有否预压、预热）等。

成型时间的长短对制品的性能影响很大。成型时间短，制品固化不完全，“欠熟”，从而造成制品物理力学性能较差，外观无光泽，制品脱模后易出现翘曲、变形等现象。当成型时间过长时，会使制品“过熟”，这样不仅延长了成型周期，降低了生产率，增加了能耗，而且由于交联度过大，使制品的收缩率上升，内应力增加，制品表面无光泽，整体性能下降。因此要适当控制成型时间。

实践证明，成型温度和成型时间有着密切的关系，且对制品质量都有极大的影响。不管是成型温度的过高或过低，还是成型时间的过长或过短，都会造成制品质量的下降。因此压缩成型应在保证制品质量的前提下，力求缩短成型时间。

2.4　挤出成型设备与挤出成型工艺

2.4.1　挤出成型设备

1．挤出成型设备的组成部分

挤出成型设备一般由挤出机（主机）、辅机、控制系统等组成。挤出机的基本结构主要包括传动装置、加料装置、料筒、螺杆、机头及口模等五部分；辅机主要由机头、定型装置、冷却装置、牵引装置、切割装置和卷取装置等组成；控制系统主要由电器、仪表和执行机构等组成。通常将上述三部分统称为挤出机组。一般地说，主机在挤出机组中是最主要的部分；而在主机的组成部分中，挤出系统又是最关键的部分；在辅机的各组成部分中，机头是最关键的部分。

图 2.49 为卧式单螺杆塑料挤出机。其中与挤出工艺直接有关的是料筒、螺杆、机头及口模。

（1）料筒

料筒与螺杆共同担负着塑料的塑化和加压的任务。挤出时料筒内的压力可达 55MPa，工作温度一般为 180℃～250℃。因此料筒可以看成是受热和受压的容器。料筒外部设有分区加热和冷却装置，料筒与机头间设有过滤板。

（2）螺杆

螺杆是挤出机的关键部件。挤出机挤出塑料的产量、熔体温度、熔体均匀性、功率消耗等主要决定于螺杆结构。螺杆的直径、长径比、各段长度比以及螺槽深度等几何参数对螺杆的工作特性及塑料的塑化过程均有重大影响。

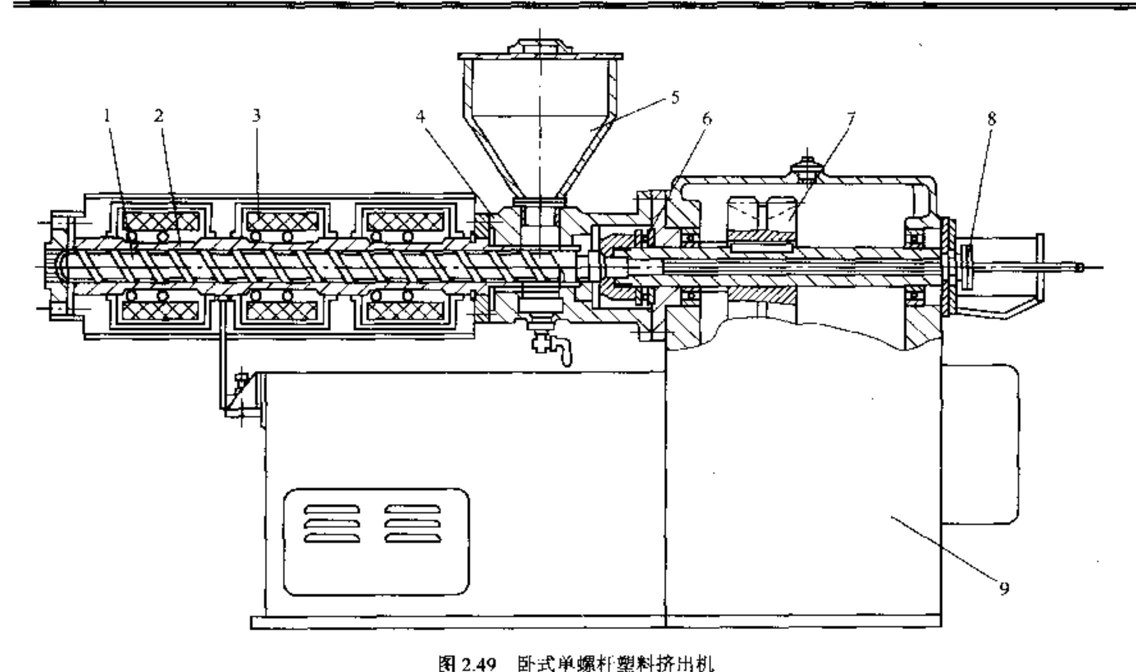


图 2.49　卧式单螺杆塑料挤出机

1—螺杆；2—机筒；3—加热器；4—料斗支座；5—料斗；6—推力轴承；

7—传动系统；8—螺杆冷却系统；9—机身

一般螺杆的结构如图 2.50 所示。螺杆的直径 D 是螺杆的基本参数，挤出机的规格常以螺杆直径来表示。使用时，根据制品大小及生产率来决定挤出机规格。螺杆长径比（L/D）是螺杆的重要参数，长径比大的，塑化均匀。目前长径比多为 25 左右。

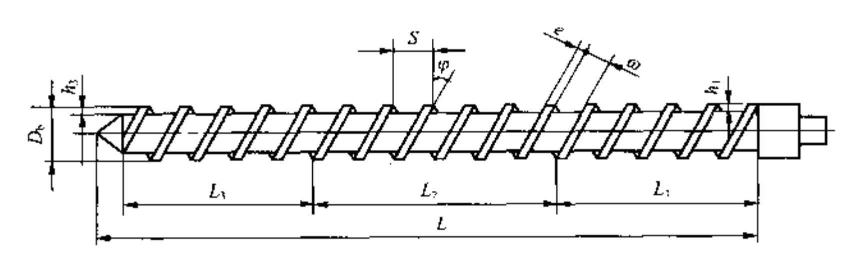


图 2.50　螺杆结构示意图

螺旋升角φ、加料段螺槽深度 h_1、均化段螺槽深度 h_3、螺纹长度 L、螺纹宽度 e、螺距 S、螺杆直径 D_b、加料段长度 L_1、熔融段长度 L_2、均化段长度 L_3。

按照塑料在螺杆上运转及其物理状态的变化，螺杆工作部分可分三段：加料段、压缩段、均化段。塑料经过这三段，由玻璃态转化为挤出成型所需要的粘流态。

① 加料段

加料段的作用是将自料斗加进的固态塑料加热并向前送至压缩段。根据其作用，这段螺槽应是等距等深的，以保证其截面不变。在这段中，塑料仍然是固体状态。为了使塑料有最好的向前输送条件，以保证足够的挤出量，必须使塑料与料筒的摩擦力大于塑料与螺杆的摩擦力。为此，应增加塑料与料筒的摩擦力（可在料筒内表面开纵向沟槽），减小塑料与螺杆的

摩擦力（螺杆可镀铬或抛光，*Ra* 值达 0.8μm 以下）。

② 压缩段

压缩段又称熔化段。压缩段螺杆的作用除了把塑料继续向前输送外，还要对塑料进行压缩，使塑料密实，并使塑料中的空气压回加料段，以便外逸。塑料在主段中，由于料筒外加热器的加热和螺杆、料筒的搅拌、剪切产生摩擦热的作用，所以温度在加料段逐步上升，从固态逐渐熔融为粘流态的熔体。根据熔化段的作用，这段螺槽应是逐渐缩小的，缩小的程度取决于塑料的压缩比。

③ 均化段

均化段螺杆的作用是将压缩段送来的熔融塑料进一步均匀塑化，并使其定量、定压、定温地由机头挤出。它实现了定量挤出，又称为计量段。均化段螺槽的截面可以是恒等的，但比前两段小。

在实际生产中，挤出机螺杆三段的长短与结构上要决定于塑料的性质和制品类型。结晶型塑料无明显的高弹态，因此所用螺杆的压缩段很短，例如挤出聚酰胺，其压缩段只有（1～2）*D*，几乎没有压缩段。挤出聚氯乙烯这样的热敏性塑料，熔体不宜久留在料筒中，因此螺杆甚至可以不要均化段。

可见，螺杆在塑料的塑化过程起的作用是很大的。为了使挤出机在挤出量和挤出熔体的质量方面都达到要求，应根据塑料的特性和产品特点采用合适的螺杆结构。近年来，在实际生产中出现了不少新型螺杆，它在提高挤出量和改善塑化质量方面取得了明显的效果。

必须指出，挤出成型用的塑料品种很多，不可能一种塑料用一根螺杆，应根据塑料特性，尽可能考虑各种塑料的共性来设计螺杆，使一根螺杆能同时用于数种塑料的挤出。

（3）机头及口模

机头是挤出成型模具的主要部件：口模是获得制品横截面形状及尺寸的成型零件，它用螺栓或其他方法固定在机头上。通常把口模看成机头的组成部分。机头及口模的结构及几何参数对塑料制品的产量和质量影响很大。

2．挤出成型过程

挤出成型过程是将塑料（粒状或粉状）加入挤出机料筒内加热熔融，使之呈粘流状态，在挤出机挤压系统加压的情况下通过具有与制品截面形状相仿的口模，成为形状与口模相仿的粘流态连续体，然后通过冷却，使其具有一定几何形状和尺寸，由粘流态变为高弹态，最后冷却定型为玻璃而获得所需要的塑料制品。

挤出成型大致可分三个阶段，如图 2.51 所示。

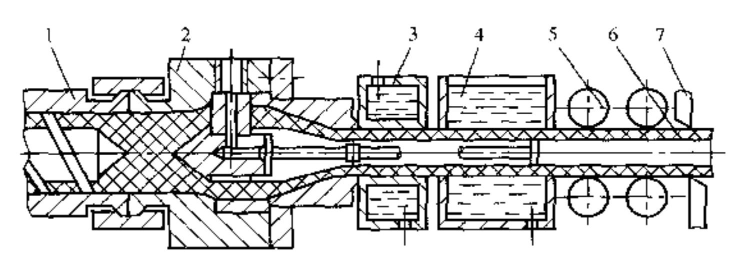


图 2.51　挤出模塑原理

1—挤出机料筒；2—机头；3—定径装置；4—冷却装置；5—牵引装置；6—塑料管；7—切割装置

第一阶段是固态塑料的塑化。即通过挤出机加热器的加热和螺杆、料筒对塑料的混合、剪切作用所产生的摩擦热使固态塑料变成均匀的粘流态塑料。

第二阶段是成型。即粘流态塑料在螺杆推动下，以一定的压力和速度连续地通过成型机头，从而获得一定截面形状的连续形体。

第三阶段是定型。通过冷却等方法使已成型的形状固定下来，成为所需要的塑料制品。在挤出过程中，塑料由料斗进入料筒后，随着螺杆的转动不断被推向机头。在塑料向机头输送过程中，经过螺杆的加料段、压缩段、均化段，塑料经历了固体输送、熔融和熔体输送三个过程的物理变化。在挤出模塑中，塑料制品的开头和尺寸决定于机头，因而机头的设计和制造是保证制品形状和尺寸的关键。

3．挤出机的分类

随着塑料挤出成型工艺的广泛应用和发展，塑料挤出机的类型日益增多，分类方法不很一致。

按螺杆的数量分：单螺杆挤出机、双螺杆和多螺杆挤出机。

按螺杆在空间位置不同可分：卧式挤出机和立式挤出机。

按螺杆转速分：普通挤出机、高速和超高挤出机。

按可否排气分：排气式挤出机和非排气式挤出机。

按装配结构分：整体式挤出机和分开式挤出机（即传动装置与挤出系统分开安装）。目前应用最广泛的是卧式单螺杆非排气式挤出机。

2.4.2 挤出成型工艺参数

挤出成型主要的工艺参数为温度、压力挤出速率。

1．温度

温度是挤出成型得以顺利进行的重要条件之一。塑料从加入料斗到最后成为制品经历了一个复杂的温度变化过程。温度是依靠挤出机加热和冷却装置及其控制系统进行调节。一般来说，加料段温度不宜过高，有时还要冷却，而压缩段和均化段的温度应该较高。其高低应根据塑料特性和制品要求等因素来确定。

应该指出，塑料温度不仅在流动方向上有波动，而且垂直于流动方向的截面内各点的温度有时也不一致（通常称为径向温差）。这种温度波动和温差，尤其在机头或螺杆端部的温度波动和温差，会给挤出制品带来不良影响，使制品产生残余应力，各点强度不均匀和表面灰暗无光泽等缺陷。因此应尽可能减小、消除这种波动和温差。产生上述波动和温差的原因很多，影响最大的是螺杆结构设计，还有加热和冷却系统工作不稳定，螺杆转速变化等。为此，必须在挤出过程保持螺杆转速等工艺参数的相对稳定。

2．压力

在挤出过程中，由于料流的阻力，螺杆槽深度的改变，滤网、过滤板、公流器和口模的阻力，因而在塑料内部建立起一定的压力。这种压力是塑料产生熔融而得到均匀熔体，最后挤出成型的重要条件之一。

与温度的波动一样，各点的压力也是随时间发生周期性波动的。压力的波动对塑料的塑化和制品的质量也是不利的。因此，应控制螺杆转速变化和加热与冷却系统的稳定性，尽量减小压力的波动。

3．挤出速率

挤出速率是指每单位时间内由挤出机口模挤出的塑料质（重）量（单位为 kg/h 或 m/min）。挤出速率大小表征挤出机生产率的高低。影响挤出速率的因素很多，如机头的阻力、螺杆和料筒的结构、螺杆转速、加热、冷却系统和塑料的特性等。根据理论计算和实际检测证明，挤出速率随螺杆直径、槽深、均化段长度和螺杆转速的增大而增加，而随着螺杆末端熔体压力和螺杆与料筒之间间隙的增大而增小。一定的挤出机，螺杆和料筒确定后，撤出速率与螺杆转速、机头阻力、塑料特性有关。当挤出产品一定时，挤出速率仅与螺杆转速有关。

挤出速率也有波动现象。挤出速率波动对产品质量有不良影响，如造成挤出速度不均匀，影响制品的几何形状和尺寸。因此，除了正确设计螺杆之外，还应控制螺杆转速和加热与冷却系统的稳定性，注意加料情况的正常性等。

从温度、压力、挤出速率的分析中可以看出，温度压力和挤出速率的波动都是挤出过程中各种因素变化的反映。同时，这些参数又不是孤立的，而是互相制约的。为了保证挤出制品的质量，必须尽可能减小以上参数的波动，控制工艺过程的稳定性。

由于挤出制品多种多样，除了上述的共同规律外，各种制品的挤出成型还有其特殊要求。下面介绍塑料管材和薄膜挤出工艺及其工艺条件的确定。

挤出管材所用的设备有挤出机、机头、定型装置、冷却槽、牵引设备和切断设备。上述设备及挤出工艺过程如图 2.52 所示。挤出模具包括机头和定型套。

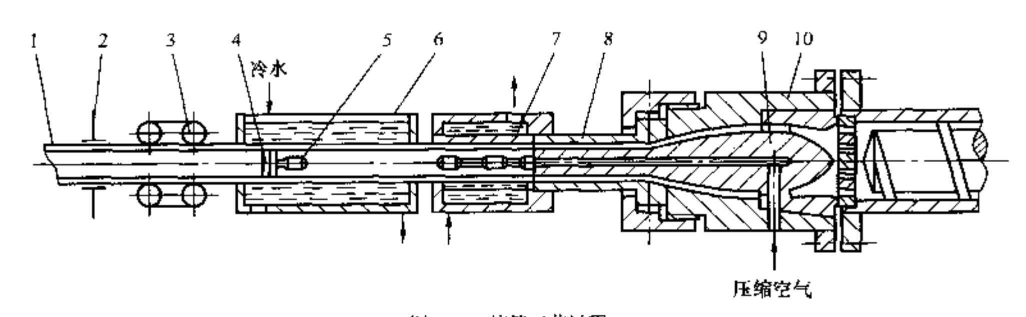


图 2.52 挤管工艺过程

1—塑料管子；2—夹紧切断装置；3—牵引装置；4—塞子；5—链子；6—冷却水槽；7—定型套；8—口模；9—芯棒；10—机头体

管材挤出是塑料挤出成型的主要方法之一。管材挤出是将塑化的塑料熔体在螺杆旋转推动下，通过机头的环形通道形成管材。熔体通过过滤板之后需经过分流区、压缩区和成型区而成型为管状物。从口模挤出的管状物首先必须通过定型装置进行冷却定型，以保证得到几何形状正确、尺寸准确、表面光洁的塑料管。表 2.11 为几种代表性管材挤出成型工艺条件。

表 2.11　　几种代表性管材挤出成型工艺条件

工艺条件		原料品种					
		尼龙 1010	聚全氟乙丙烯	聚乙烯	ABS	聚砜	聚碳酸酯
料筒温度 t/℃	后	250～270	160～180	120～140	165～170	250～265	220～250
	中	—	260～280	—	—	300～325	—
	前	260～280	310～330	150～170	170～180	310～330	230～255

续表

工艺条件		原料品种					
		尼龙 1010	聚全氟乙丙烯	聚乙烯	ABS	聚砜	聚碳酸酯
机头温度 t/℃	后	240~250	320	155~165	165~175	250~270	210~230
	前	210~230					200~220
口模温度 t/℃		200~210	310~320	150~160	155~160	260~270	200~210
螺杆形式		突变压缩	突变压缩	渐变压缩	渐变压缩	渐变压缩	渐变压缩
螺杆转速 n/(r.min^{-1})		15	4.2	22	10.5	4.2	10.5
口模内径 D_0/mm		44.8	11	45	33	12.7	33
模芯外径 D_1/mm		38.5	5	25	26	10	26
口模平直部分长度 l_1/mm		45	—	50	50	20	87
l_1/δ 比值		15	—	5	14.3	20	24
管材内径 d_1/mm		25	3	20	25.5	8	25.5
管材外径 d_0/mm		31.3	5.9	40	32.5	10	32.8
拉伸比		≈1.5	≈3.5	≈1.17	≈1.02	≈1.7	≈0.97
真空定型直径 d/mm		31.7	6	40.2	33	7.9	33
真空定型与口模间隙 l/mm		20	20	25	25	35	
冷却槽水温 t/℃		室温	室温	室温	室温	90	

注：l_1 为口模、模芯平直部分（即定型部分）长度；δ 为口模与模芯的间隙。

吹塑薄膜法成型是先用挤出法将塑料挤成管坯，然后借助向管内吹入的压缩空气使其连续膨胀到一定尺寸的管状薄膜，冷却后合拢为一定宽度管膜的一种薄膜生产方法。

吹塑薄膜所用的设备和装置包括挤出机及机头、冷却装置、夹板、牵引辊、导向辊、卷取装置等。其设备及工艺过程如图 2.53 所示。

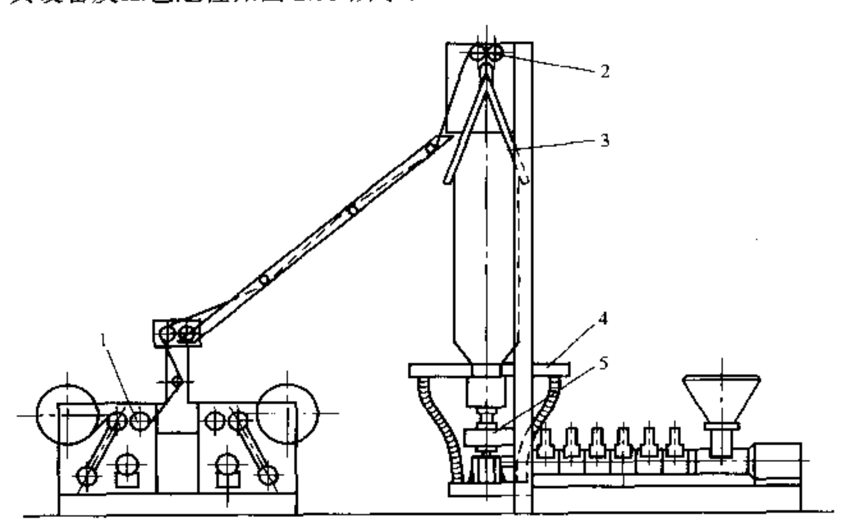


图 2.53　辅机吹塑薄膜设备及工艺过程

1—卷取装置；2—牵引装置；3—人字板；4—冷却定型装置；5—挤出机头

吹塑薄膜成型模具主要是机头。冷却和定型依靠冷却风环装置。塑料熔体由口模与芯模

形成的环形间隙挤出，形成薄壁管坯。挤出的管坯由芯模引进的压缩空气吹胀管状薄膜，并以压缩空气的压力来控制管状薄膜的壁厚。吹成的管状薄膜经冷却风环进行冷却定型。已成型的管状薄膜被牵引辊引一定距离后，通过人字板和牵引辊夹拢，再经过导辊，最后卷取成捆。可见它是连续性的生产。

吹塑薄膜通常采用单螺杆挤出机挤出，其规格根据塑料特性和薄膜的宽度及厚度而定。为保证薄膜的质量，一种规格的挤出机只能适应于吹塑少数几种规格的制品。这是因为大的挤出速率来生产窄而薄的薄膜时，在快速牵引下冷却较困难；而以小的挤出速率来生产宽而厚的薄膜时，塑料处于高温时间较长，制品质量差，生产率低。常用塑料吹塑薄膜用挤出机螺杆的工艺参数见表 2.12。

表 2.12　　几种常用塑料吹塑薄膜螺杆工艺参数

工艺参数 \ 原料		聚氯乙烯（粉料）		聚乙烯	聚丙烯
		软质	硬质		
螺杆类型		计量型计量段长 3D	计量型计量段长 4D	SJ-65A	JB-45
直径 D/mm		65	25	65	45
长径比 L/D		12	20	20	20
压缩比 ε		3.6	3.5～4	3.1	3.8
槽深/mm	加料段	10	3.5～4	10	7.25
	均化段	2.4	200	3	1.75
过滤网（目）		60	60	—	—
螺杆转速 n/(r·min^{-1})		200	40～50	10～90	10～90
牵引线速度 v/(m·min^{-1})			10	10	20
挤出速率 Q/(kg·h^{-1})		200	3.5	30	16
薄膜厚度 s/mm		0.05～0.08	0.05～0.06	0.08	0.03

注：聚氯乙烯软质为高速吹薄，硬质为热缩性薄膜。

吹塑薄膜时，料筒、机头和机颈的温度都应控制。温度高低主要决定于塑料的种类。温度过高，所得薄膜发脆，抗拉强度明显下降；温度过低，塑料塑化不充分，熔体流动和吹胀不良，薄膜抗拉强度各冲击韧度也低，表面光泽度差，透明度下降，甚至出现如木材年轮一样的花纹或明显的熔接痕。

常见的塑料吹塑薄膜的温度范围见表 2.13。

表 2.13　　常见塑料的吹塑薄膜温度范围

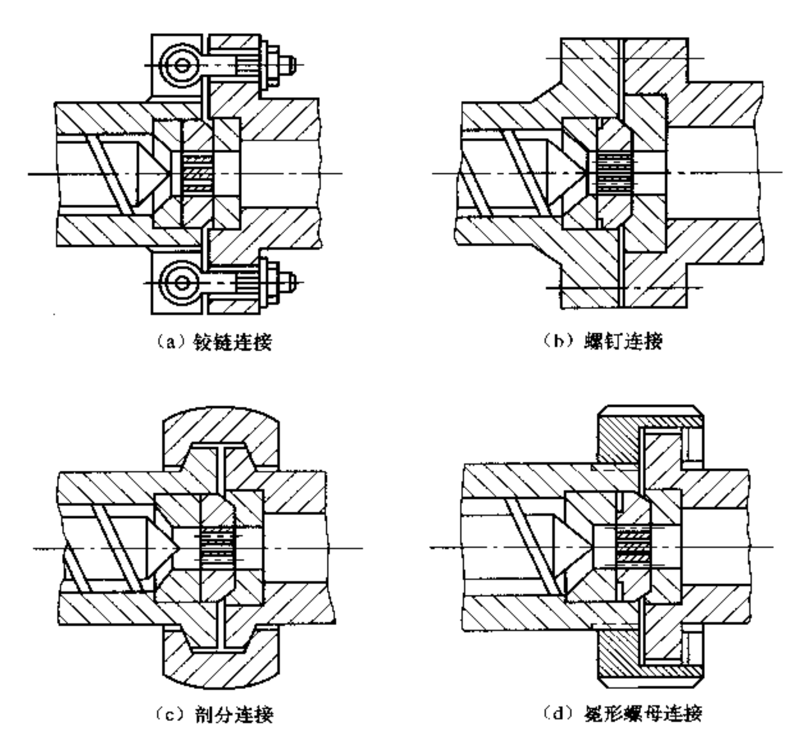
塑料种类 \ 温度 t/℃		料筒	机颈	机头
聚氯乙烯（粉料）	高速吹膜	160～175	170～180	185～190
	热收缩薄膜	170～185	180～190	190～195
聚乙烯		130～160	160～170	150～160
聚丙烯		170～250	240～250	230～240
复合薄膜	聚乙烯	120～170	210～220	200
	聚丙烯	180～210	210～220	200

吹胀比是吹塑薄膜时，吹胀管膜与口模直径的比值；牵伸比是薄膜纵向伸长的倍数。为了获得性能良好的薄膜，吹胀比与牵伸比最好相等。实践证明，吹胀比愈大，薄膜的透明度和光泽度也愈好。但吹胀比过大导致吹胀管膜的不稳定，致使薄膜厚度不均匀和皱纹的产生。通常吹胀比为 2～3。由于吹胀比不宜随意增加，为使制品厚度符合要求，必须调整牵伸比，牵伸比通常控制在 4～6。这样，吹胀比与牵伸比就不相等，为了保证薄膜纵向和横向性能一致，可以适当控制冷却速度和口模温度等工艺参数。

吹塑薄膜的冷却速度靠调节冷却装置达到。冷却速度愈高，吹胀管膜上的冷冻线（冷冻线系指吹胀管膜上已经冷却定型的线，对于结晶型塑料为产生结晶的线）离口模愈近；冷却速度愈慢，冷冻线离口模愈远。冷冻线离口模远，薄膜的横向容易撕裂；冷却速度适当，冷冻线适中，薄膜冷却均匀，透明度和表面光泽度好。当然，冷冻线离口模远近还与牵引速度、挤出温度和薄膜厚度等因素有关，当牵引速度愈大，挤出温度愈高，薄膜厚度愈大，则冷冻线离口模愈远，相反就愈近。

2.4.3 机头与挤出机的连接

各种型号的挤出机安装机头部位的结构尺寸是各不相同的。机头与挤出机（料筒）的主要连接，其项目包括挤出机法兰盘、结构形式、过滤板和过滤网配合尺寸、铰链螺栓长度、联接螺钉（栓）直径及分布数量等，通常采用的是铰链螺钉连接。机头与料筒的连接形式如图 2.54 所示。



(a) 铰链连接　(b) 螺钉连接

(c) 剖分连接　(d) 冕形螺母连接

图 2.54 机头与料筒的连接形式

2.5 塑料制品的工艺性

塑料制品的工艺性，是指塑料制品成型生产的难易程度。塑料制品工艺性的好坏，会影响塑件的成型质量，影响模具制造难度程度和生产成本及生产率的高低。因此，在设计塑件时应充分考虑其工艺性，对工艺性不合理的塑件予以修改，力求使塑件成型顺利，模具易于制造，满足生产要求。塑料制品的工艺性主要包括：塑件尺寸精度、表面质量、脱模斜度、壁厚、加强筋、圆角、孔、侧孔或侧凸、镶嵌件、螺纹、齿轮、文字、符号及标记等。

2.5.1 制品的尺寸精度和表面质量工艺性

1. 制品的尺寸精度

制品的尺寸精度工艺性是指所获得的制品尺寸精度与产品图中要求的尺寸精度的符合程度。影响制品的尺寸精度的因素通常有以下几个方面。

（1）制品的材料因素。收缩率及收缩率波动范围小的塑料能获得较高精度的制件。

（2）制品的结构因素。合理的结构设计可降低制品的内应力及成型收缩率，提高制品的形状及其尺寸的稳定性。

（3）设备因素。成型设备自动化程度、控制精度越高，所成型的制品精度也越高。

（4）模具因素。模具零件的加工、模具的磨损、模具的装配以及模具结构设计的合理性等，都影响其所模塑制品的形状与尺寸精度。

（5）成型工艺条件。成型前的准备、成型过程中的温度与压力以及各个阶段的持续时间、成型后的处理都将对制品内的残余应力等产生直接影响，从而也对制品形状尺寸的精度带来影响。

在GB/T14486—1993中，将不同塑料的公差等级要求分为高精度、一般精度、未标注公差的尺寸精度三种，根据工程实际的需要，选用不同的精度等级，如表2.14所示。表中未列出的塑料，可根据制品成型后的尺寸稳定性参照选择等级。

表2.14　常用塑料制品公差等级的选用（GB/T14486—1993）

材料代号	模塑材料		公差等级		
			标注公差尺寸		未标注公差尺寸
			高精度	一般精度	
ABS	丙烯腈—丁二烯共聚物		MT2	MT3	MT5
EP	环氧树脂		MT2	MT3	MT5
PA	尼龙类塑料	无填料填充	MT3	MT4	MT6
		玻璃纤维填充	MT2	MT3	MT5
PC	聚碳酸酯		MT2	MT3	MT5
PE	聚乙烯		MT5	MT6	MT7
PF	酚醛塑料	无机填料填充	MT2	MT5	MT5
		有机填料填充	MT3	MT6	MT6

续表

材料代号	模塑材料		公差等级		
			标注公差尺寸		未标注公差尺寸
			高精度	一般精度	
POM	聚甲醛	≤150 mm	MT3	MT5	MT6
		>150 mm	MT4	MT5	MT7
PP	聚丙烯	无填料填充	MT3	MT4	MT6
		无机填料填充	MT2	MT3	MT5
PPO	聚苯醚		MT2	MT3	MT5
PS	聚苯乙烯		MT2	MT3	MT5
PSU	聚砜		MT2	MT3	MT6
RPVC	硬质聚氯乙烯		MT2	MT3	MT5
SPVC	软质聚氯乙烯		MT5	MT6	MT7

在 GB/T14486—1993 中将塑料制品的尺寸公差分为七级精度，同时考虑受模具活动分的影响，又分 A，B 两套数值，如表 2.15 所示。注意：表中数值公差范围不包括脱模斜度。

2．塑料制品表面质量

塑料制品表面质量主要指制品表面缺陷和表面粗糙度。

塑料制品表面缺陷，如缺料、溢边、飞边、凹痕、起泡、杂色或变色、斑点或斑纹、银丝、溶接痕、翘曲、变形、龟裂等，它与塑料配方、成型工艺条件、模具结构等因素有关。

塑料制品表面粗糙度主要由模具型腔表面粗糙度保证，一般模具型腔表面粗糙度比塑件要求的表面粗糙度的要求低 1～2 级，塑料制品表面粗糙度 Ra 值一般达到 $Ra0.02$～$Ra1.25$。

2.5.2　塑料制品的结构工艺性

1．脱模斜度

脱模斜度是指塑件内、外表面沿脱模方向的倾斜角度，用α表示如图 2.55 所示。其中分为外表面脱模斜度α_1，内表面脱模斜度α_2和α_3，分别由模具的型腔或型芯来形成。塑件在冷却时的收缩和塑件与模具表面的粘结会造成脱模困难，如强制脱模，对于浅内腔塑件可行，但多数塑件会损坏外形。为了塑件顺利脱模，应在塑件表面设计脱模斜度。

脱模斜度的方向，对轴来讲，应保证大端斜度向小的方向取；对孔来讲，应保证小端斜度向大的方向取。

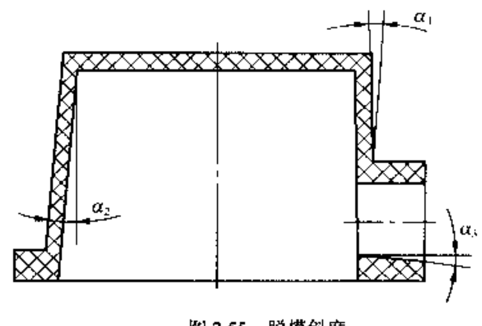


图 2.55　脱模斜度

表 2.15　　塑料制品尺寸公差表（GB/T14486—1993）

基本尺寸/mm	精度等级													
	MT1		MT2		MT3		MT4		MT5		MT6		MT7	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
	尺寸公差值/mm													
0~3	0.07	0.14	0.10	0.20	0.12	0.32	0.16	0.36	0.20	0.40	0.26	0.46	0.38	0.58
3~6	0.08	0.16	0.12	0.22	0.14	0.34	0.18	0.38	0.24	0.44	0.32	0.52	0.48	0.68
6~10	0.09	0.18	0.14	0.24	0.16	0.36	0.20	0.40	0.28	0.48	0.38	0.58	0.58	0.78
10~14	0.10	0.20	0.16	0.26	0.18	0.38	0.24	0.44	0.32	0.52	0.46	0.68	0.68	0.88
14~18	0.11	0.21	0.18	0.28	0.20	0.40	0.28	0.48	0.38	0.58	0.54	0.74	0.78	0.98
18~24	0.12	0.22	0.20	0.30	0.24	0.44	0.32	0.52	0.44	0.64	0.62	0.82	0.88	1.08
24~30	0.14	0.24	0.22	0.32	0.28	0.48	0.36	0.56	0.50	0.70	0.70	0.90	1.00	1.20
30~40	0.16	0.26	0.24	0.34	0.32	0.52	0.42	0.62	0.56	0.76	0.80	1.00	1.14	1.34
40~50	0.18	0.28	0.26	0.36	0.36	0.56	0.48	0.68	0.64	0.84	0.94	1.14	1.32	1.52
50~65	0.20	0.30	0.30	0.40	0.40	0.60	0.56	0.76	0.74	0.94	1.10	1.30	1.54	1.74
65~80	0.23	0.33	0.34	0.44	0.46	0.66	0.64	0.84	0.86	1.06	1.28	1.48	1.80	2.00
80~100	0.26	0.36	0.38	0.48	0.52	0.72	0.72	0.92	1.00	1.20	1.48	1.68	2.10	2.30
100~120	0.29	0.39	0.42	0.52	0.58	0.78	0.82	1.02	1.14	1.34	1.72	1.92	2.40	2.60
120~140	0.32	0.42	0.46	0.56	0.64	0.84	0.92	1.12	1.28	1.48	2.00	2.20	2.70	3.10
140~60	0.36	0.46	0.50	0.60	0.70	0.90	1.02	1.22	1.44	1.64	2.20	2.40	3.00	3.20
160~180	0.40	0.50	0.54	0.64	0.78	0.98	1.12	1.32	1.60	1.80	2.40	2.60	3.30	3.50
180~200	0.44	0.54	0.60	0.70	0.86	1.06	1.24	1.44	1.76	1.96	2.60	2.80	3.70	3.90
200~225	0.48	0.58	0.66	0.76	0.92	1.12	1.36	1.56	1.92	2.12	2.90	3.10	4.10	4.30
225~250	0.52	0.62	0.72	0.82	1.00	1.20	1.48	1.68	2.10	2.30	3.20	3.40	4.50	4.70
250~280	0.56	0.66	0.76	0.86	1.10	1.30	1.62	1.82	2.30	2.50	3.50	3.70	4.90	5.10
280~315	0.60	0.70	0.84	0.94	1.20	1.40	1.80	2.00	2.50	2.70	3.80	4.00	5.40	5.60
315~355	0.64	0.74	0.92	1.02	1.30	1.50	2.00	2.20	2.80	3.00	4.30	4.50	6.00	6.20
355~400	0.70	0.80	1.00	1.10	1.44	1.64	2.20	2.40	3.10	3.30	4.70	4.90	6.70	6.90
400~450	0.78	0.88	1.10	1.20	1.60	1.80	2.40	2.60	3.50	3.70	5.30	5.50	7.40	7.60
450~500	0.86	0.96	1.20	1.30	1.74	1.94	2.60	2.80	3.90	4.10	6.00	6.20	8.20	8.40

注：①本标准中 A 为不受模具活动部分影响的尺寸公差值；B 为受模具活动部分影响的尺寸公差值。

②本标准中只规定公差值，对有公差标注的尺寸，其上、下偏差应根据工程的实际需要分配；对无公差标注的尺寸，其上、下偏差取表中公差值的一半，并冠以“±”号。

③标准中规定的数值，应以制品成型 24h 后或经“后处理”后，在温度为（23±2）℃，相对湿度（65±5）%时测量为准。

脱模斜度的大小，尚没有精确的计算公式，主要是凭经验或查表。但斜度的大小与下列因素有关：与塑料性质有关，塑料收缩率大，脱模斜度也大，所以热塑性塑料比热固性塑料脱模斜度大。与塑件几何形状的复杂程度有关，塑件越复杂，脱模斜度越大。与塑件脱模方向长度有关，长度越大，斜度应减小，否则难以保证小端尺寸。塑件内表面的斜度比外表面的斜度取得大些。常用塑料脱模斜度见表 2.16。当塑件高度尺寸不大，即长径比 $L/D<2$ 时，不影响塑件脱模，可以不设脱模斜度。若脱模斜度不妨碍塑件的使用，也可将脱模斜度加大以更方便脱模。

表 2.16　　塑件脱模斜度

塑料名称	脱模斜度	
	型腔	型芯
聚乙烯、聚丙烯、软聚氯乙烯、聚酰胺、氯化聚醚	25~45′	20′~45′
硬聚氯乙烯、聚碳酸脂、聚砜	35′~40′	30′~50′
聚苯乙烯、有机玻璃、ABS、聚甲醛	35′~40′	30′~40′
热固性塑料	30′~55′	35′~1°

2．壁厚

和金属零件一样，塑件也必须有一定的厚度，否则就不会有相应的强度和刚度，也就不能保证使用要求。如厚度没有达到所需要的要求，会在使用中发生变形或损坏，降低使用寿命。此外，塑件有一定厚度，使塑料在成型时有较好的流动状态。所以，一定的壁厚是保证塑料成型和塑件性能的必要前提。

塑件壁太薄，在成型时易出现充不满，使顶出困难或变形，但壁太厚易出现凹陷，还增加了冷却时间，影响生产率。此外，强度与壁厚不会始终成正比，超过一定壁厚，再增加厚度不会提高塑件的强度，还会造成材料的浪费。

综上所述，塑件壁厚应适当，最小壁厚参见表 2.17 和表 2.18。

表 2.17　　热固性塑件壁厚（mm）

塑料名称	塑件外形高度		
	~50	>50~100	>100
粉状填料的酚醛塑料	0.7~2.0	2.0~3.0	5.0~6.5
纤维状填料的酚醛塑料	1.5~2.0	2.5~3.5	6.0~8.0
氨基塑料	1.0	1.3~2.0	3.0~4.0
聚酯玻璃纤维填料的塑料	1.0~2.0	2.4~3.2	>4.8
聚酯无机物填料的塑料	1.0~2.0	3.2~4.8	>4.8

表 2.18　　热塑性塑件最小壁厚及推荐壁厚（mm）

塑料种类	制作流程 50mm 的最小壁厚	一般制件壁厚	大型制件壁厚
聚酰胺（PA）	0.45	1.75~2.60	>2.4~3.2
聚苯乙烯（PS）	0.75	2.25~2.60	>3.2~5.4
改性聚苯乙烯	0.75	2.29~2.60	>3.2~5.4
有机玻璃（PMMA）	0.80	2.50~2.80	>4~6.5

续表

塑料种类	制作流程 50mm 的最小壁厚	一般制件壁厚	大型制件壁厚
聚甲醛（POM）	0.80	2.40～2.60	>3.2～5.4
软聚氯乙烯（LPVC）	0.85	2.25～2.50	>2.4～3.2
聚丙烯（PP）	0.85	2.45～2.75	>2.4～3.2
氯化聚醚（CPT）	0.85	2.35～2.80	>2.5～3.4
聚碳酸酯（PC）	0.95	2.60～2.80	>3～4.5
硬聚氯乙烯（HPVC）	1.15	2.60～2.80	>3.2～5.8
聚苯醚（PPO）	1.20	2.75～3.10	>3.5～6.4
聚乙烯（PE）	0.60	2.25～2.60	>2.4～3.2

壁厚应尽量均匀，否则，在冷却时收缩不一致，易产生内应力集中引起变形，故对壁厚处采取改进措施。改善塑件壁厚的典型实例见表 2.19。

表 2.19　改善塑件壁厚的典型实例

序号	不合理	合理	说明
1			左图壁厚不均匀，易产生气泡及使塑件变形，右图壁厚均匀，改善了成型工艺条件，有利于保证质量
2			
3			
4			
5			平顶塑件，采用侧浇口进料时，为避免平面上留有熔接痕，必须保证平面进料通畅，故 $a>b$
6			壁厚不均塑件，可在易产生凹痕表面采用波纹形式或在厚壁处开设工艺孔，以掩盖或消除凹痕

3．加强筋

前面已讲述过，塑件壁厚不能太大，太大不但不会提高强度，还会使表面出现凹陷。但壁厚太薄了又使强度、刚度下降。为此，在不增加壁厚的情况下可以采用加强筋的形式。加强筋就是在塑件某个需要增加强度或刚度的部位模塑制造出的工艺筋。加强筋提高了塑件的强度和刚度，可以避免塑件变形，还可以改善成型时的塑料流动状态，有利塑料成型。加强筋的尺寸比例，如图 2.56 所示。一般加强筋的厚度不大于壁厚的 1/2，否则易造成凹陷。加强筋的根部尺寸比上部的稍大些。

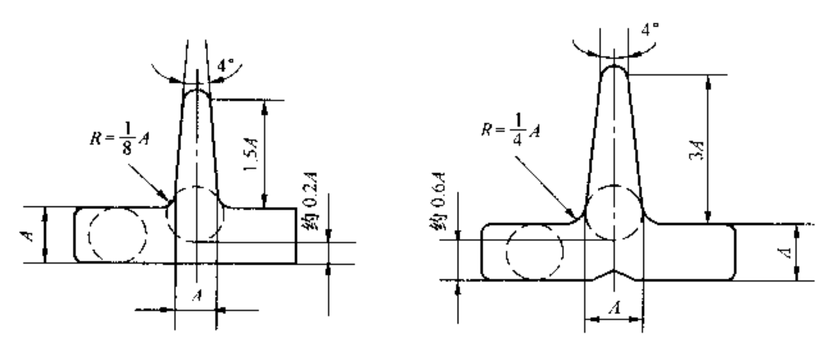


图 2.56　加强筋的尺寸比例

加强筋的布置要均匀，否则，会引起内应力产生变形，加强筋不能太高，更不能与支承面平齐。设计可参照表 2.20。

表 2.20　加强筋设计的典型实例

序　号	不 合 理	合　理	说　明
1			增设加强筋后，可提高塑件强度，改善料流状况
2			采用加强筋，既不影响塑件强度，又可避免因壁厚不匀而产生伸缩孔
3			平板状塑件，加强筋应与料流方向平行，以免造成充模阻力过大和降低塑件韧性
4			非平板状塑件，加强筋应交错排列，以免塑件产生翘曲变形
5		>0.5	加强筋应设计得矮一些，与支承面应有大于 0.5mm 的间隙

对一些特殊曲面的塑件，如壁壳状塑件，可设计成球面或拱曲面；对于薄壁容器，可增设凸缘。如图 2.57 和图 2.58 所示。

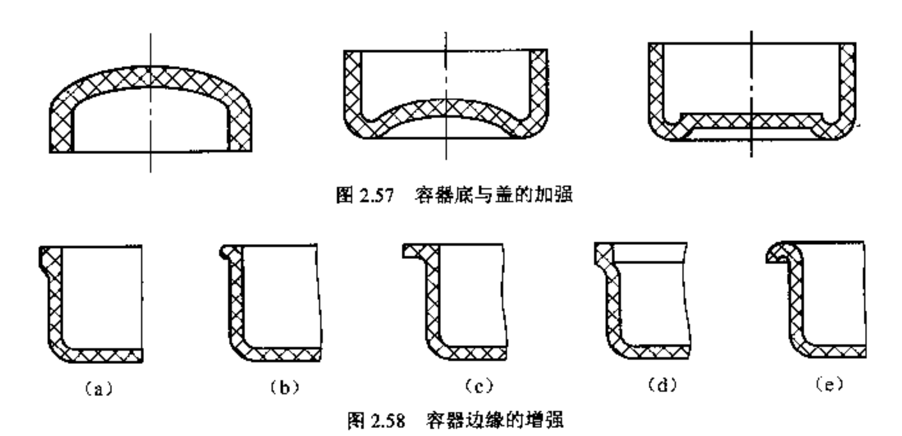


图 2.57　容器底与盖的加强

图 2.58　容器边缘的增强

4．圆角

塑件除使用要求尖角外，其余接合面处一般应有圆角过渡。

塑件边缘和边角带有圆角的优点：可以增加该部位甚至整个塑件的机械强度，因为尖角处应力集中，易产生裂痕；圆角过渡使成型的塑料流动顺畅，成塑后又有利于塑件顶出；塑件上的圆角过渡，模具的相应部位也同样是圆角，可减少模具内应力，避免热处理或使用时可能出现的质量问题，增加了模具的使用寿命。

图 2.59 为圆角半径与壁厚 T 及应力集中关系图。根据经验，一般外表面圆角半径大于等于 $1.5T$，内表面圆弧圆角半径大于等于 $0.5T$（T 为壁厚）。

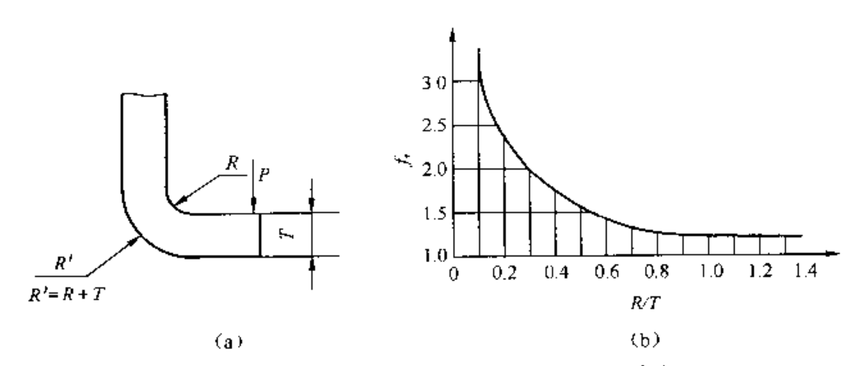


图 2.59　应力集中与圆角半径与壁厚的关系图

5．孔

塑料制品上常常带有各种通孔和盲孔，塑料制品上的孔一般由型芯成型，为保证成型孔时制品质量和简化模具结构，设计塑料制品时对孔径、孔深、边壁厚度、相邻孔之间距离、孔的方向有一定的要求，以简化模具结构，使塑件顺利脱模。

孔设置的原则，尽可能设置在塑件强度大或壁厚处，相邻孔之间以及孔到边缘之间均应保留适当的距离（一般应取孔径的 2 倍以上），孔径不宜太小，孔深不宜太大，孔的方向和复杂孔的成型要有利于顺利脱模。孔径、孔深、边壁厚度关系见表 2.21。

表 2.21　　　　　　　　　　　　　**孔的极限尺寸推荐表**

成型方法	塑料名称	孔的最小直径 d	最大孔深		最小孔边壁厚度 b
			不通孔	通孔	
压制与铸压成型	压塑粉	3	压制时：$2d$ 铸压时：$4d$	压制时：$4d$ 铸压时：$8d$	$1d$
	纤维塑料	3.5			
	碎布压塑料	4			
注射成型	尼龙	0.2	$4d$	$10d$	$2d$
	聚乙烯				
	软聚氯乙烯				$2.5d$
	有机玻璃	0.25			$2.5d$
注射成型	氯化聚醚	0.3	$3d$	$8d$	$2d$
	聚甲醛				
	聚苯醚				
	硬聚氯乙烯	0.25			
	改性聚苯乙烯	0.3			
	聚碳酸酯	0.35	$2d$	$6d$	$2.5d$
	聚砜				$2d$

孔壁较薄可增设凸台来加强，如图 2.60 所示。复杂孔的成型如图 2.61 所示。

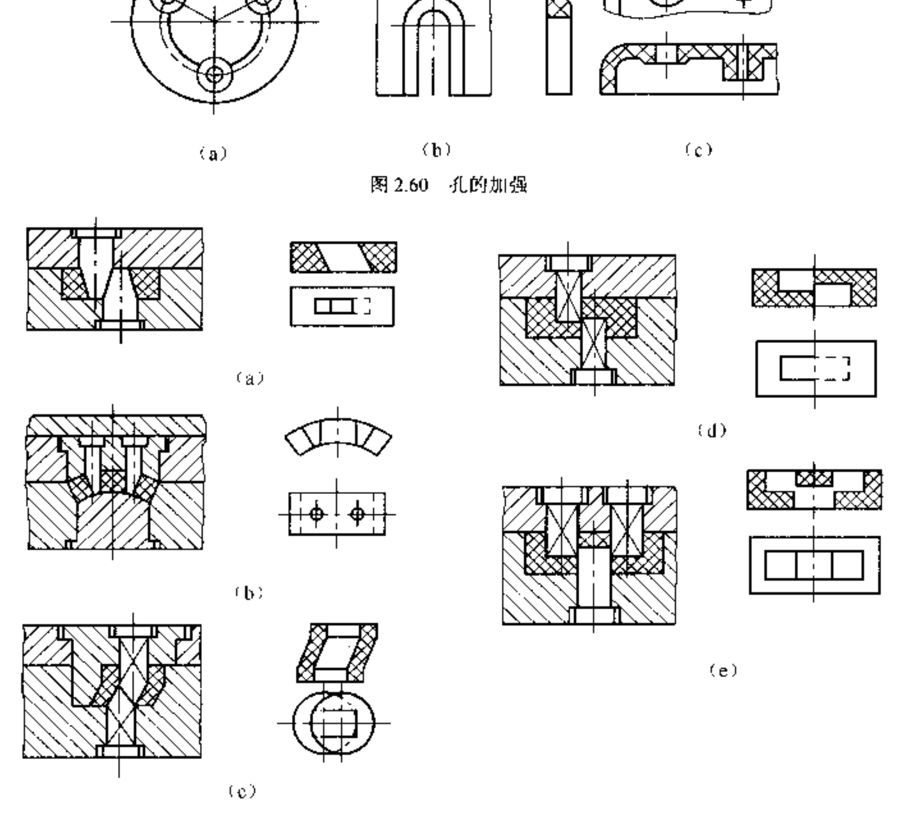


图 2.60　孔的加强

图 2.61　用拼合型芯成型复杂孔

当内侧凹或外侧凹较浅时，当塑件在脱模温度下应有足够的弹性，侧凸或侧凹并符合如图 2.62 所示的条件时，可以用整体式成型零件，并采取强制脱模的方法。

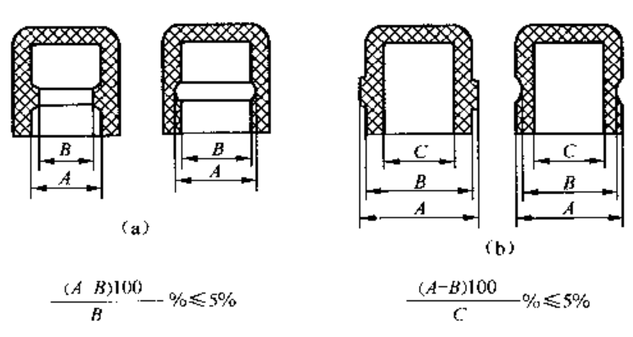


图 2.62 可强制脱模的侧凸或侧凹

如果塑件弹性不好，侧凸或侧凹较大，塑件精度要求较高，那么可采取侧抽芯结构的模具解决。

6．支承面和凸台

在塑件的支承面上，为了支承平稳，以为只要把支承部位做大、做平、精度高就能达到要求，其实不然。因为利用整个底平面作支承面，由于成型时的收缩，其底平面不可能每一点都在一个平面上，所以往往实现不了平稳。此外，要把模具型腔平面做得很理想，也是十分困难的。

为了使塑件有良好的支承效果，又减少模具加工的难度，可以使用单独的突缘或底部边缘来代替整个平面的支承，其效果很好。有两种方案可供选择，一是用凸台方式，凸台即塑件局部凸出部分。凸台所处的部位应尽量处于边角处，其高度 h 不小于 0.5mm。凸台较大应有脱模斜度，在转折处要有圆角过渡。二是采用小支承面形式，底面的支承设计如图 2.63 所示，凸台设计如图 2.64 所示。

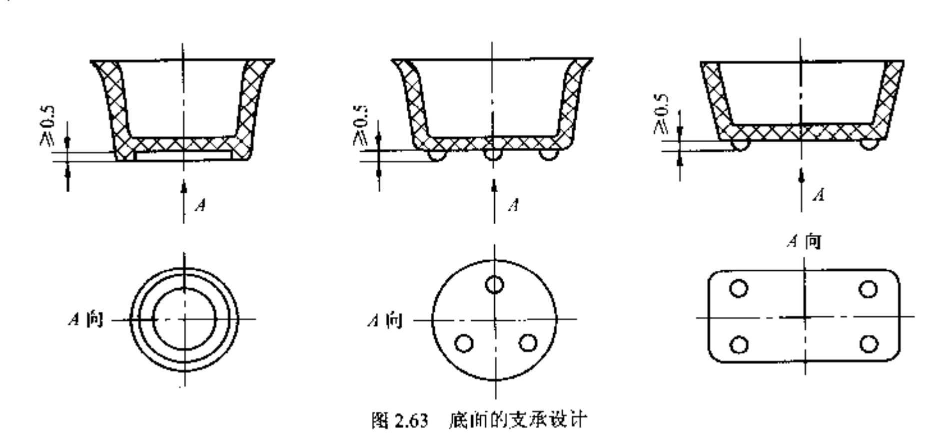


图 2.63 底面的支承设计

7．嵌件

在塑件里的镶嵌件称为嵌件。设计嵌件时要保证镶嵌件的牢固，减少内应力。

嵌件的作用如下。

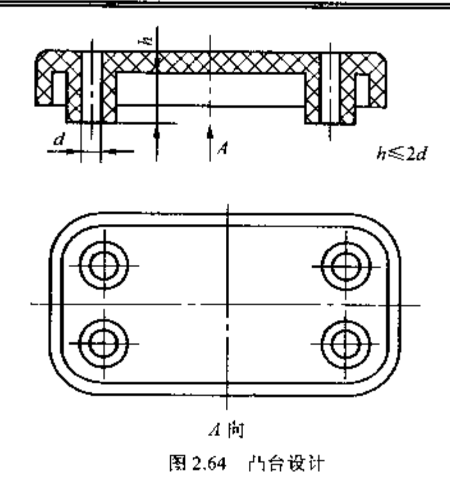


图 2.64　凸台设计

（1）增加塑件强度、刚度。

（2）镶嵌螺纹件，以提高精度和使用寿命。

（3）满足某些特殊性能要求。如导电性——镶嵌铜导体；导磁性——镶嵌铁磁物质。

设计嵌件时注意的问题有以下几点。

（1）金属嵌件的边棱应为圆弧或倒角，避免嵌件损伤周围塑料。

（2）为了增加接触面积，增大摩擦，防止金属嵌件与塑件接触不牢固，可在金属件的表面制成环形凹槽（防移动）、滚花纹（防转动）以及弯钩形，如图 2.65 所示。

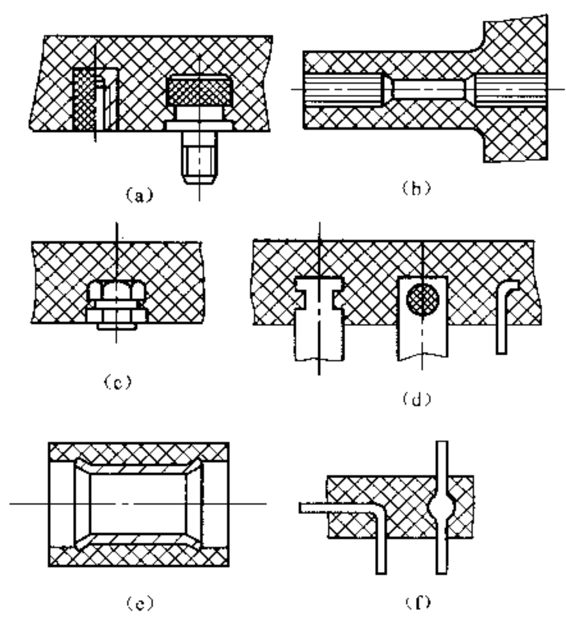


图 2.65　嵌件在塑料制品内的固定

（3）包在金属嵌件外面的塑料层应有足够的厚度，以克服在收缩时产生的应力，免致破裂。塑料层最小许可厚度见表 2.22。表中介绍的最小壁厚尺寸，供设计参考，对外缩率大和工作环境受冲击负荷的塑料还应适当加厚以防开裂。

（4）为防止合模时，金属嵌件改变位置甚至掉下，嵌件安装在模具上应准确可靠，定位部位应具有一定精度配合，如 H9/h9。

（5）如果嵌件的自由伸长长度超过其直径的 2 倍或压入细长的嵌件时，应另设支柱，以减少变形，如图 2.66 所示。

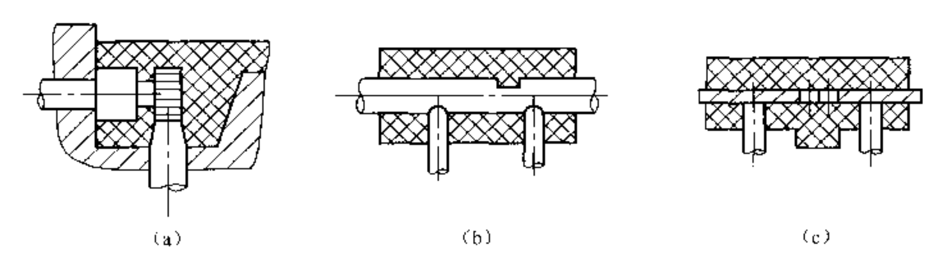


图 2.66　金属嵌件设支柱

成型塑料制品螺纹可利用螺纹型环形成塑件外螺纹或利用螺纹型芯形成塑件内螺纹直接成型螺纹，也可采用嵌入法形成螺纹，但直接成型螺纹时，螺纹设计时应注意以下 3 点。

（1）螺牙断面最好设计浅一些，螺纹直径较小时不应采用细牙螺纹，便于成型。

（2）螺纹最外圈和最里圈留有台阶，如图 2.67 所示，防止螺纹锐边和变形。

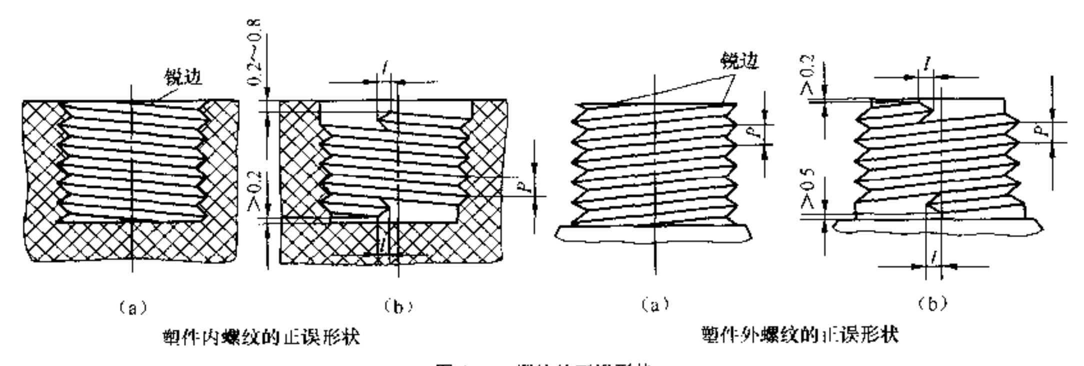


图 2.67　螺纹的正误形状

(a)—错误形状；(b)—正确形状

（3）如果塑件上有前后两段螺纹时，应使两段螺纹旋向相同，螺矩相等。否则，塑件无法旋出。螺纹选用范围见表 2.22。

表 2.22　金属嵌件周围塑料层厚度（mm）

金属嵌件 D	周围塑料层最小厚度 t	顶部塑料层最小厚度 t_1
4 以下	1.5	0.8
>4~8	2.0	1.5
>8~12	3.0	2.0
>12~16	4.0	2.5
>16~25	5.0	3.0

8．齿轮设计

塑料齿轮有重量轻，弹性模量小，传动噪声小等特点，特别是在塑料合金中已得到了广泛应用。

为了使塑料齿轮适应于注射成型，保证齿轮的质量，齿轮的轮缘（边缘）、辐板（辐条）和轮毂（基体）应有一定的厚度，具体为辐板厚度 H_1 小于或等于轮缘厚度 H，轮毂厚度 H_2 应大于或等于轮缘厚度 H，轮缘宽度 t_1 至少为齿高 t 的 3 倍，轮毂最小外径 D_1 应为轴孔直径 D 的 1.5～3 倍，如图 2.68 所示。

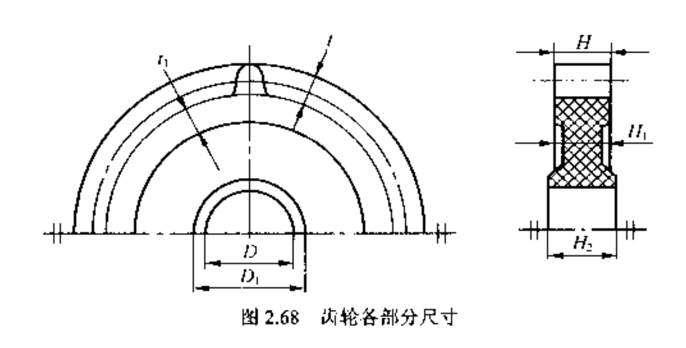


图 2.68 齿轮各部分尺寸

在设计齿轮时，各表面相棱或转折处，应尽量采用圆角过渡，避免尖角。否则，会产生应力集中，降低疲劳强度，影响使用寿命。

对于薄壁齿轮更应注意厚薄的均匀性，否则会因收缩造成齿轮变形。

9．文字，符及标记

塑件上常有标记、符号，如生产厂名、产品商标、图案、数字等。塑件的标记符号有凸形和凹形两类，标记、符号在模具上为凹形，则在塑件上为凸形，这样的标记、符号在模具上加工较容易，故常采用。标记、符号在模具上为凸形，则在塑件上为凹形。但在模具型腔上直接加工出凸形较困难。即使雕刻出来也难以保证表面粗糙度要求，所以应尽量避免。如果必须采用这种形式，则可利用在模具腔内嵌入已成型的标记、符号嵌件。但这样又会在塑件上留下痕迹，所以在嵌入处抛光打磨，尽量使痕迹减少，以增加美观性。

有的塑件在表面上为增加美观而装饰，如采用凹槽纹、皮革纹、木纹、桔子皮纹等，这样的装饰还可以隐蔽塑件表面疵点等外面质量问题。

在模塑过程中，为了有利于塑料流动，减小翘曲，常采用较宽的流线型表面，这样做也有利于脱模。塑件上标记的凸出高度不小于 0.2mm，线条宽度不小于 0.3mm，两条线的间距不小于 0.5mm，标记的脱模斜度 5°～10°。

思考与练习题

1．注射机分为几类？各自有何特点？注射机由哪几部分组成？各组成部分的作用是什么？

2．螺杆分为几种？各自特点是什么？如何选用？

3．合模装置应具备的基本条件是什么？液压合模装置的优缺点是什么？液压—机械合模装置的优缺点是什么？

4．常见的模板距离调节机构有几种？当模具厚度小于注射机要求的最小模厚时应如何调整？

5．注射机的主要技术参数有哪些？选用应注意哪些问题？

6．简述注射成型过程及注射成型的特点。注射成型前的准备工作有哪些？

7．料筒的清洗原则有哪些？嵌件为何要加热？

8．退火处理的实质是什么？调湿处理的目的是什么？

9．如何选择注射压力、塑化压力（背压）、保压压力？

10．如何选择料筒温度、模具温度？

11．塑料制品成型周期控制时应考虑哪几方面的因素？

12．注射成型制品的内应力是如何产生的？有哪几种形式？采用哪些措施可消除和分散内应力？

13．对水敏性、吸湿性塑料在成型前应如何处理？

14．通过哪些措施可改善制品熔接痕强度？

15．压力机的结构由哪几部分组成？各部分组成的作用是什么？

16．压力机的主要技术参数有哪些？选择时应注意哪些问题？

17．简述压缩成型原理及压缩成型的特点。压缩成型采用预压锭料有什么优点？

18．制品的“欠熟”和“过熟”都有什么弊病？

19．预压的作用主要有哪些？

20．压缩成型时的成型（模压）压力、成型（模压）温度和成型（模压）时间等工艺参数如何控制？

21．挤出成型设备由哪几部分组成？各部分组成的作用是什么？

22．简述挤出成型原理及挤出成型的特点。

23．如何控制挤出成型的挤出速率、温度和压力等工艺参数？

24．挤出管材所用的设备有哪些装置？各部分的作用是什么？

25．吹塑薄膜所用的设备有哪些装置？各部分的作用是什么？

26．塑件尺寸受哪些因素限制？

27．塑件结构工艺性设计应遵循的总体原则是什么。

28．产生塑件尺寸不稳定的因素有哪些？

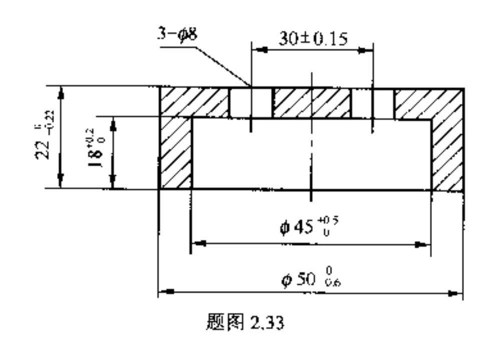
29．塑件为什么要有脱模斜度？其大小取决于什么？

30．塑件壁厚的最小尺寸应满足什么要求？

31．塑件上加强筋的作用？塑件为什么常用圆弧过渡？

32．塑件中镶入嵌件的目的是什么？

33．如题图 2.33 所示，材料为低密度 PE，产量为 20 万件，塑料制品交货期为 15 天。试：（1）选择成型方法。（2）初选择成型设备的名称。（3）分析塑料制品工艺性。（4）成型前的准备工作有哪些？（5）选择成型工艺参数。（6）根据现在所学知识，分析成型制品可能出现的质量问题及解决问题的办法。



题图 2.33

第3章 注射成型模具

学习目标

1．掌握注射模具基本结构，注射模具的种类和特点。

2．掌握生产时注射模具与注射机的关系，会校核两者相关的工艺参数。

3．掌握分型面、浇注系统、排气系统的基本形式和选择方法。

4．掌握凹模结构、凸模或型芯结构的种类、固定方法和要求及应用。

5．掌握成型零件的尺寸计算和计算结果的处理。

6．掌握侧向分型与抽芯机构、推出机构及各组成元件功能（用途）、动作要求、协调与复位、顺序要求及装配要求。

7．掌握模具温度调节系统设计。

8．会选择模架和型腔、底板的强度和刚度计算。

学习建议

1．通过重点学习理解教材模具图，学习注射模具的组成结构的名称、功能和所包含的零件，理解注射模具的结构、特点和动作过程。

2．找出3～5种生活用品，观察并思考生活用品的型腔数目、型腔布置、分型面、浇注系统、凹模结构、凸模或型芯结构、侧向分型与抽芯机构、推出机构及温度调节系统。

3．找出3～5种生活用品，经常和同学总结交流上述问题，交流学习的注射模具设计装配图心得和经验。

3.1 注射模具基本结构及其分类

注射成型生产中用的模具，称为注射模具，简称注射模。本章主要介绍热塑性塑料普通流道注射成型模具。

3.1.1 注射模具的基本结构

注射模具基本结构由定模和动模两部分组成，动模安装固定在注射机的移动模板上，定模安装固定在注射机的固定模板上。注射时，定模和动模闭合构成浇注系统和型腔；开模时，定模和动模分开，由开模机构实现制品推出，如图3.1所示，图3.1（a）为闭合状态，图3.1（b）为开模状态。

根据模具零部件的作用，一般注射模具由以下几个部分组成。

1．成型零部件

通常成型零部件由凸模（或型芯）、凹模组成。合模时构成型腔，成型塑件形状，型腔形成塑件外形，凸模（或型芯）形成塑件内腔或孔，如图 3.1 中 2、7。

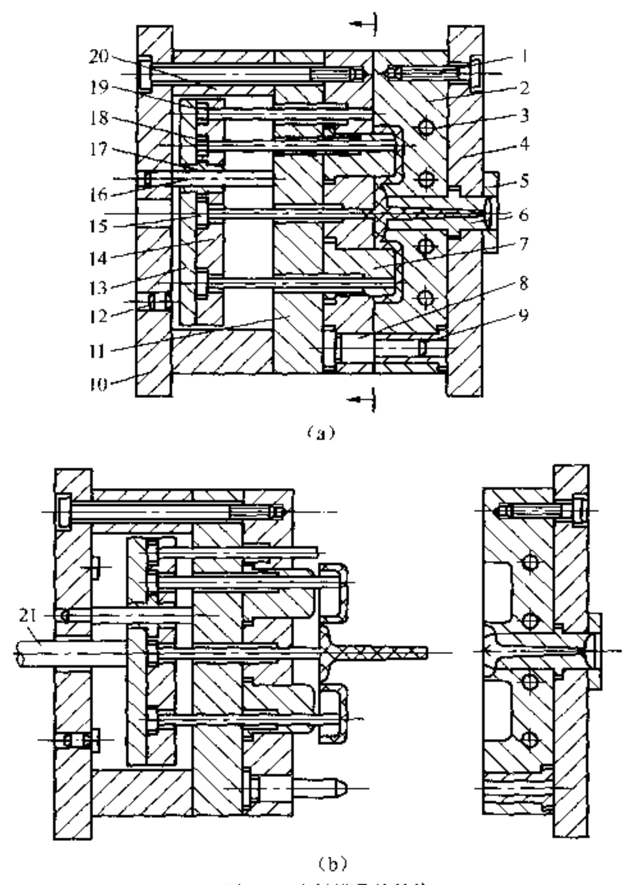


图 3.1　注射模具的结构

1—动模板；2—定模板；3—冷却水道；4—定模座板；5—定位圈；6—浇口套；7—凸模；8—导柱；9—导套；10—动模座板；11—支承板；12—支承柱；13—推板；14—推杆固定板；15—拉料杆；16—推板导柱；17—推板导套；18—推杆；19—复位杆；20—垫块；21—注射机顶杆

2．合模，导向机构

保证动模和定模合模准确到位，确保塑件精度，由 8 和 9 组成。

3．浇注系统

熔融塑料进入模具型腔的通道。如 5、6。

4．侧向分型与抽芯机构

侧向分型与抽芯机构形成塑件侧凹或侧孔，开模时先与塑件分离，如图 3.5 所示。

5．推出机构

推出机构如图 3.1 中的 13、14、15、16、17、18、19。

6．加热冷却系统

实现温度调节，保证成型质量，降低成型时间。如图 3.1 中的 3。

7．排气系统

排出型腔中的气体，避免塑件气泡，减少成型阻力，一般在分型面上开设若干条排气槽。

8．支承零部件

用来安装、固定、支承成型零部件及各部分结构零件。

还可以把模具零部件分为两大类，即成型零部件和结构零部件，成型零部件是直接形成塑件形状的（见图 3.1 中的 2 和 7），其余为结构零部件。

3.1.2 注射模具的分类

（1）按生产的塑料材料：可分为热塑性塑料注射模和热固性塑料注射模。

（2）按注射机类型：可分为立式注射机用注射模、卧式注射机用注射模和角式注射机用注射模。

（3）按浇注系统形式：可分为普通流道注射模及热流道注射模。

（4）按模具结构特征：可分为单分型面、双分型面、斜导柱（或弯销、斜滑块、齿轮齿条）侧向分型与抽芯注射模具，有活动镶件的注射模具，推出机构在定模一侧和注射模自动卸螺纹注射模具等。

3.1.3 典型注射模具特点

1．单分型面注射模具

单分型面是指在模具的动模板与定模板之间只有一个分型面，如图 3.1 所示。工作原理是：模具合模时，在导柱和导套的导向定位下，动模和定模闭合。型腔由定模板上的型腔与固定在动模板上的型芯组成，并由注射机合模系统提供的锁模力锁紧。然后注射机开始注射，塑料熔体经定模上的浇注系统进入型腔，待熔体充满型腔并经过保压、补塑和冷却定型后开模。开模时，注射机合模系统带动动模后退，模具从动模和定模分型面分开，塑件包在型芯上随动模一起后退，同时，拉料杆将浇注系统的主流道凝料从浇口套中拉出。当动模移动一定距离后，注射机的顶杆接触推板，推板机构开始动作，使推杆和拉料杆分别将塑件及浇注系统凝料从型芯和冷料穴中推出，塑件与浇注系统凝料一起从模具中落下，至此完成一次注射过程。合模时，推出机构靠复位杆使推出机构复位，并准备下一次注射。

单分型面注射模具是最基本的一种注射模具，它结构简单，适应性强，操作方便，应用广泛。

2．双分型面注射模具

双分型面注射模具有两个分型面，也称三板式注射模。如图 3.2 所示，*A—A* 为第一分型面，*B—B* 为第二分型面。由于塑件和浇口凝料是分开的，因此需要有两个分型面，分别用来取出塑件和凝料。

在第一分型面的右边是定模板，它开设了主流道，固定在注射机的定模板上；在两个分型面之间的，称为中间板，它上面开有成型塑件外表面的型腔和浇口，由模具上的导柱支承；第二分型面左边部分为模具的动模部分，成型塑件内表面型芯被固定在动模座板上，联接在注射机的移动模板上。注射机开模时，将主浇道的凝料从定模板的主流道中脱出。待动模继续后退到能够脱凝料的距离后，第二分型面分型，将塑件与浇口拉开，塑件与型芯一起后退，

而浇注系统的凝料在第一分型面上被取出。当动模继续后退，注射机的顶杆接触推板时，推出机构开始工作，将塑件从凸模上推出，塑件由第二分型面之间自行落下。

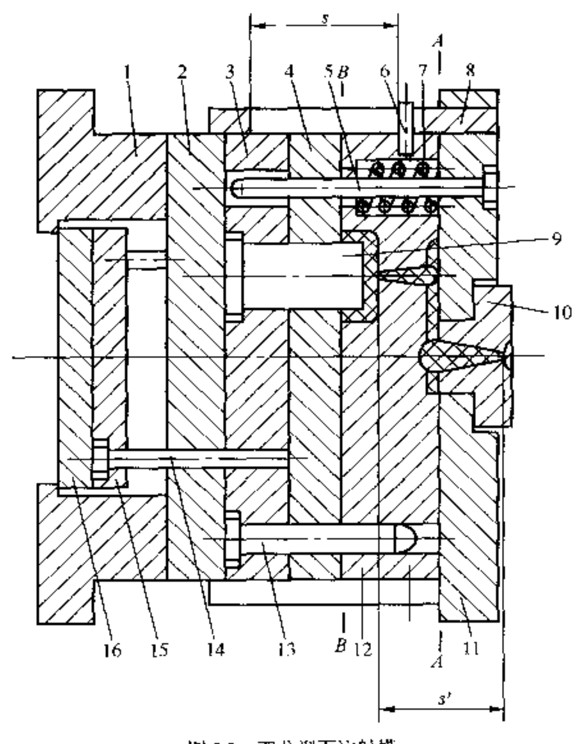


图 3.2　双分型面注射模

1—模脚；2—支承板；3—动模板；4—推件板；5—导柱；6—限位销；7—弹簧；8—定距拉板；9—凸模；10—浇口套；11—定模板；12—中间板；13—导柱；14—推杆；15—推杆固定板；16—推板

这种注射模具能在塑件中心设置点浇口，截面积较小，塑件的外观好，并且有利于自动化生产；但双分型面的注射模具结构复杂，成本较高，模具的重量增大，因此，双分型面注射模很少用于大型塑件或流动性较差的塑料成型。

图 3.3 为卧式双分型面注射模，与图 3.2 不同之处是：开模时，动模部分离开定模板 11，在弹簧 7 的弹力作用下，10 与 11 从 A—A 处分开。主流道凝料从浇套 9 中脱出，中间板继续随动模一起左移。到一定距离后，装在定模板 11 上的限位销 6 碰到安装在定模板 10 上的定距拉板 8 的止端，11 停止移动，动模仍继续左移，4 和 11 在 B—B 分型面处分开。浇注系统凝料与塑件在浇口处分离。塑件包紧在凸模上移动到一定距离，推出机构动作，推件板 4 在推杆 13 的作用下将塑件从凸模上推出。再用工具从 11 上把浇注系统凝料取出。

3．斜导柱侧向分型与抽芯注射模具

当塑件侧壁有通孔、凹穴或凸台时，其成型零件必须制成可侧向移动的，否则，塑件无法脱模。带动型芯滑块侧向移动的整个机构称侧向分型与抽芯机构。图 3.4 为一常见的斜导柱侧向抽芯注射模。其工作原理是：开模时，动模部分向后移动，开模力通过斜导柱驱动侧型芯滑块，迫使其在动模板的导滑槽内向外滑动，直至滑块与塑件完全脱开，完成侧向抽芯动作。这时塑件包在型芯上随动模继续后移，直到注射机顶杆与模具推板接触，推出机构开

始工作，推杆将塑件从型芯上推出。合模时，复位杆使推出机构复位，斜导柱使侧型芯滑块向内移动复位，最后由楔紧块锁紧。

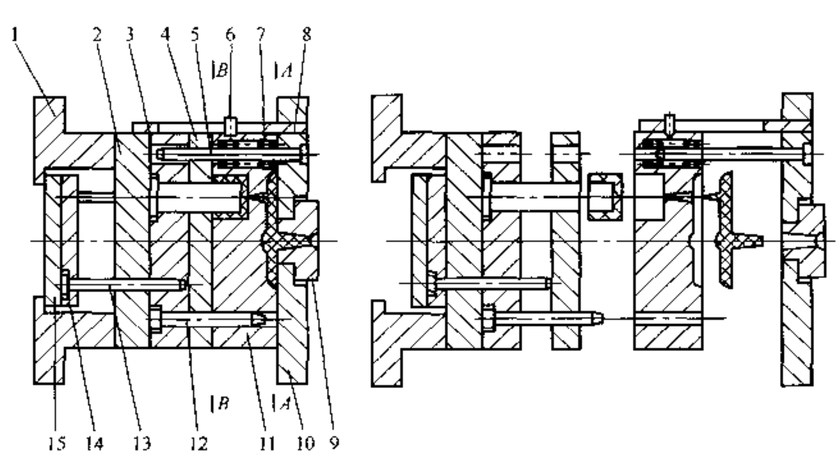


图 3.3 卧式双分型面注射模

1—支架；2—支承板；3—凸模固定板；4—推件板；5—导柱；6—限位销；7—弹簧；8—定距拉板；9—主浇道衬套；10—定模板；11—中间板（浇道板）；12—导柱；13—推杆；14—推杆固定板；15—推板

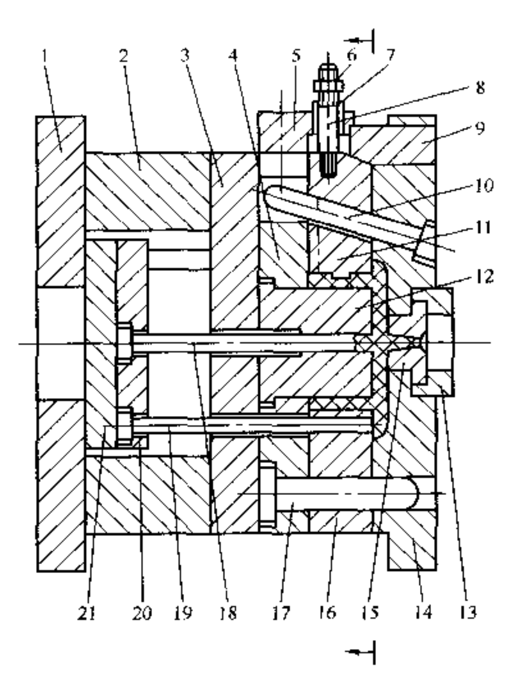


图 3.4 斜导柱侧向抽芯注射模

1—动模座板；2—垫块；3—支承板；4—凸模固定板；5—挡块；6—螺母；7—弹簧；8—滑块拉杆；9—楔紧块；10—斜导柱；11—侧型芯滑块；12—凸模；13—定位圈；14—定模板；15—浇口套；16—动模板；17—导柱；18—拉料杆；19—推杆；20—推杆固定板；21—推板

图 3.5 反映带侧向分型抽芯的注射模的开合模情况。

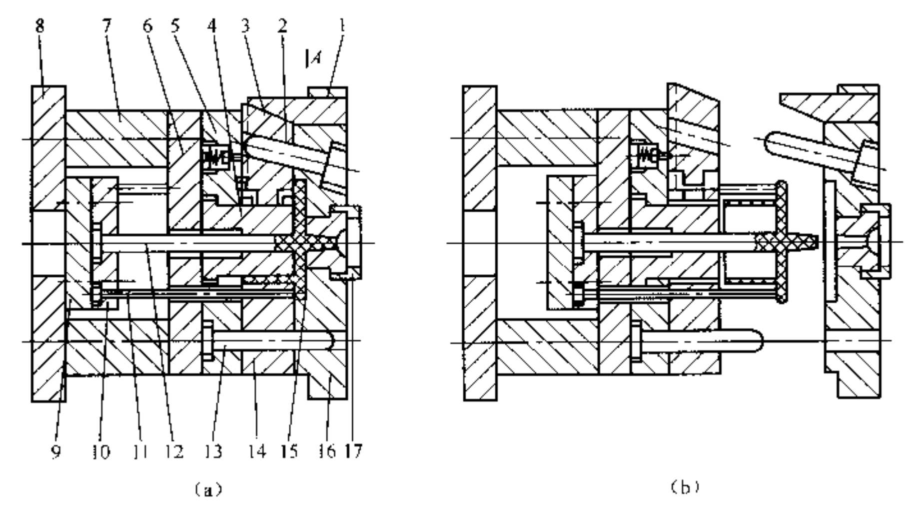


图 3.5　带侧向分型抽芯的注射模

1—楔紧块；2—斜导柱；3—斜滑块；4—型芯；5—固定板；6—支承板；7—支架；8—动模座板；9—推板；10—推杆固定板；11—推杆；12—拉料杆；13—导柱；14—动模板；15—主浇道衬套；16—定模板；17—定位环

4．斜滑块侧向抽芯注射模

斜滑块侧向抽芯注射模如图 3.6 所示。

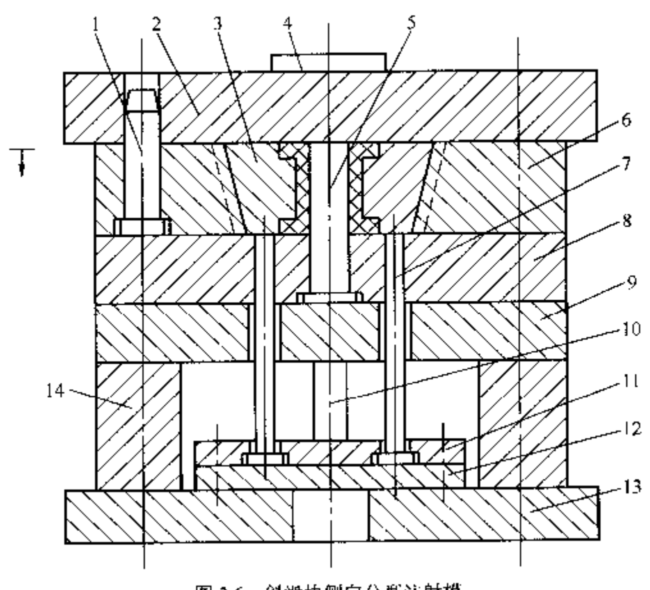


图 3.6　斜滑块侧向分型注射模

1—导柱；2—定模板；3—斜滑块；4—定位圈；5—型芯；6—动模板；

7—推杆；8—型芯固定板；9—支承板；10—拉料杆；11—推杆固定板；12—推板；13—动模座板；14—垫块

图 3.6 为斜滑块侧向分型注射模，它也是用来成型带有侧凸凹塑件的模具。但适应于侧凹或侧凸斜滑块斜向移动实现侧型芯到位或与塑件分离。运行情况是：合模，注射，成型，从分型面处开模，动模部分移动到一定距离后，推出机构动作，推杆 7 将两个斜滑块 3 连同塑件从动模板 6 中推出，斜滑块沿动模板中的导滑槽运动而分开，实现与塑件分离后，再把塑件取出。合模时，定模板使斜滑块及推杆复位。

5．带有活动镶件的注射模

有些塑件在内腔中有侧凸或侧凹结构，很难用侧向抽芯机构来实现。可采用设置活动镶件的办法。如图 3.7 所示为带有活动镶件的注射模之一。该模具结构特点是，通过活动镶件 3 形成塑件的侧凸形状。图示为合模成型状态，开模后，推杆 9 将活动镶件 3（有三块组合型芯）及塑件推出模外，然后用手或工具将镶件与塑件分离；合模时，在弹簧 8 作用下，推杆 9 复位。重新安装镶件，再进行下一循环。

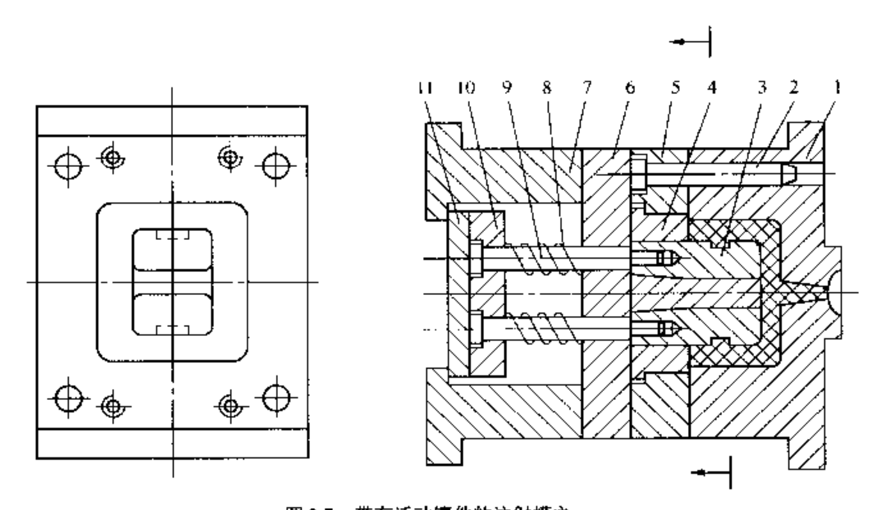


图 3.7　带有活动镶件的注射模之一

1—定模板；2—导柱；3—活动镶件；4—型芯；5—动模板；6—支承板；7—模脚；8—弹簧；9—推杆；10—推杆固定板；11—推板

6．推出装置设在定模一侧的注射模

推出机构一般设置在动模一侧，但有些塑件因形状限制，将其留在定模一侧更有利于成型质量。这时，定模一侧就要设置推出机构，一般采用拉板、拉杆形式。如图 3.8 所示，生产塑料衣刷的注射模就属于这一类型，型芯 11 形成衣刷内腔形状，成型镶块 3 镶入动模板 5 内，是形成衣刷的毛刷的。通过紧固螺钉 4 连接拉板 8 和动模板 5。开模时，动模部分向左移动，塑件包紧在凸模 11 上而与 5 和 3 分离，当动模部分移至一定的距离，拉板 8 右端碰到螺钉 6，使 6 向左移动，而 6 又与推件板 7 连接在一起，使 7 也向左移动，从而拉动塑件从凸模 11 上脱下，完成脱模动作。

7．角式注身机用注射模

如图 3.9 所示，适应于小型塑件生产。直角式注射模的主流道开设在动、定模分型面上的两侧，常为圆形截面。注射方向与开合模方向互相垂直，注射方向又与水平方向垂直，其开合模动作基本与卧式注身机模具相同，不再赘述。

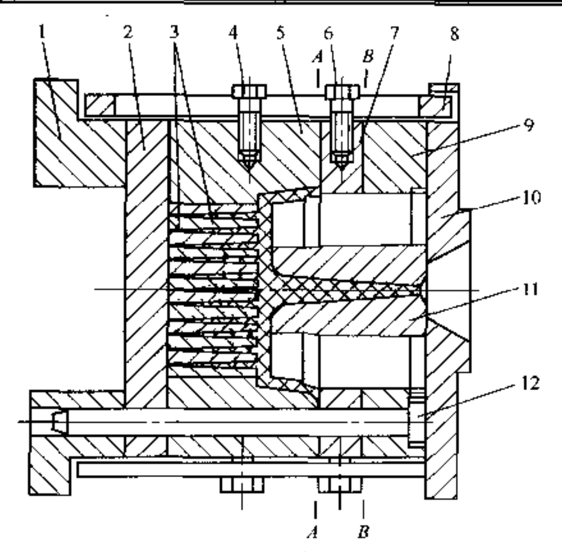


图 3.8　定模部分带有推出装置的注射模

1—模脚；2—支承板；3—成型镶块；4—拉板紧固螺钉；5—动模板；6—定距螺钉；7—推件板；8—拉板；9—定模板；10—定模座板；11—凸模；12—导柱

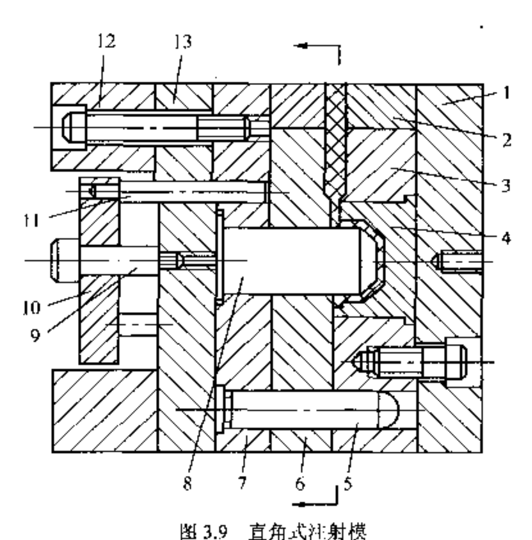


图 3.9　直角式注射模

1—定模座板；2—浇道镶块；3—定模板；4—凹模；5—导柱；6—推件板；7—动模板；8—凸模；9—限位螺钉（兼推板导柱）；10—推板；11—推杆；12—垫块；13—支承板

3.2　注射模具与注射机有关工艺参数校核

3.2.1　注射机主要技术参数

国产塑料注射机主要技术参数见表 3.1。

表 3.1　　**国产塑料注射机主要技术参数**

型　号		XS-ZS-22	XS-Z-30	XS-ZY-60	XS-ZY-125	G54-S200/400	XS-ZY250	SZY-300
公称注射量	cm^3	30：20	30	60	125	200～400	250	320
螺杆（柱塞）直径	mm	25X2 20X2	28	38	42	55	50	60
注射压力	kg/cm^3	750：1170	1190	1220	1190	1090	1300	775
注射行程	mm	130	130	170	115	160	160	150
注射时间	s	0.45：0.5	0.7		1.6		2	
螺杆转数	r/min				29、43、56、69、83、101	16、28、48	25、31、39、58、32、89	15～90
注射方式		双柱塞（双色）	柱塞式	柱塞式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式
合模力	t	25	25	50	90	254	180	150
最大成型面积	cm^2	90	90	130	320	645	500	
模板最大行程	mm	160	160	180	300	260	500	340
模板最大厚度	mm	180	180	200	300	406	350	355
模具最小厚度	mm	60	60	70	200	165	200	285

续表

型　号		XS-ZY-500	XS-ZY-1000	SZY-2000	XS-ZY-3000	XS-ZY-4000	XS-ZT-6000	T-S-Z-7000
公称注射量	cm^3	500	1000	2000	3000	4000	6000	3980.5170.7000克
螺杆（柱塞）直径	mm	65	85	110	120	130	150	110、130、150
注射压力	kg/cm^3	1040	1210	900	900；1150	1060	1100	1580、850、1130
注射行程	mm	200	360	280	340	370	400	450
注射时间	s	2.7	3	4	3.8	-6	10	10
螺杆转数	r/min	20、25、32、38、42、50、63、80	21、27、35、40、45、50、65、83	0~47	20~100	16、20、32 41、51、74	0~80	15~67
注射方式		螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式
合模力	t	350	450	600	630	1000	1800	1800
最大成型面积	cm^2	1000	1800	3600	2520	3800	5000	7200~14000
模板最大行程	mm	500	700	750	1120	1100	1400	1500
模具最小厚度	mm	450	700	800	960.680 400	1000	1000	1200
模具最小厚度	mm	300	300	500		700	700	600

型　号		XS-ZS-22	XS-Z-30	XS-Z-60	XS-ZY-125	G45-S200/400	XS-ZY250	SZY-300
模板尺寸	mm	250×380	250×280	330×440		532×634	598×520	620×520
合模方式		液压-机械	液压-机械	液压-机械	液压-机械	液压-机械	增压式	液压-机械
油流量	L/min	50	50	70；12	100；12	170；12	180；12	103.9 12.1
泵压力	kg/cm^2	65	65	65	65	65	65	70
电动机功率	kW	5.5	5.5	11	11	18.5	18.5	17
螺杆驱动功率	kW				4	5.5	5.5	7.8
加热功率	kW	1.75		2.7	5	10	9.83	6.5
机器外形尺寸	m	2.34×0.8×1.46	2.34×0.8×1.46	2.34×0.8×1.46	2.34×0.85×1.55	2.34×0.75×1.55	4.7×1.4×1.8	5.300×0.940×1.815
机器重量	t	0.9	0.9	2	3.5	7	4.5	6

型　号		XS-ZY-500	XS-ZY-1000	SZY-2000	XS-ZY-3000	XS-ZY-4000	XS-ZY-6000	T-S-Z-7000
模板尺寸	mm	70×850		1180×1180	1350×1250			1800×1900
拉杆空间	mm	50×444	650×550	790×700	900×800	1050×950	1350×1460	1200×1800
合模方式		液压-机械	两次动作液压式	液压-机械	充液式	两次动作液压式	再次动作液压式	再次动作液压式

续表

型　号		XS-ZY -500	XS-ZY -1000	SZY -2000	XS-ZY -3000	XS-ZY -4000	XS-ZY -6000	T-S-Z -7000
油流量	L/min	200；25	200；18；1.8	175.8　×214.2	194×2；48、63	50；50	107×2；58 25；200	406；25.4
泵压力	kg/cm^2	65	140	140	140；210	200	210；320 15	140；320
电动机功率	kW	22	40；5.5；5.5	40；40	45；55	17；17	117；5	55；55
螺杆驱动功率	kW	7.5	13	23.5	37	30	615 公斤	
加热功率	kW	14	16.5	21	40	37	50	41.5
机器外形尺寸	m	6.5×1.3×2	3.67×1.74 ×2.38	10.908× 1.9×3.43	11×2.9×3.2	11.5×3.45	12×2.2×3	
机器重量	t	12	20	37	50	65	-107	

3.2.2　注射机有关工艺参数的校核

注射模具需要安装在注射机上才能进行工作，因此注射模具与注射机相关的参数必须匹配。故设计注射模具时，要对注射机的最大注射量、最大注射压力、锁模力、有关安装尺寸、开模行程和顶出装置等有关工艺参数进行校核。现就有关参数校核分述如下。

1．最大注射量的校核

公称注射量是指在对空注射时，螺杆或柱塞做一次最大行程时，所能达到的注射量。根据生产经验总结，设计注射模时，塑件和浇注系统凝料所用的塑料量不能超过注射机的公称注射量的 80%。

2．最大注射压力的校核

注射时螺杆施于熔融塑料单位面积上的压力称为注射压力。设计模具时，成型塑件所需的实际压力应小于注塑机所标定的最大注射压力。

3．锁模力的校核

注射机的合模装置对模具所施加的最大夹紧力称为锁模力。在注射压力作用下，高压的塑料熔体充满模具型腔前，经过注射机喷嘴和模具浇注系统时虽有压力损失，但进入型腔时仍具有很高的压力，从而产生一个沿注射机轴向，即沿模具开合模方向的推力。为了保持动、定模紧密闭合，保证塑件精度，防止出现溢料，注射机需要有足够大的锁模力。故模具从分型面涨开的力必须小于注射机规定的锁模力，即

$$F \geqslant KpA$$

式中，F—注射机的额定锁模力，t；

A—塑件与浇注系统在分型面上的投影面积，cm^2；

p—熔融塑件在模腔内的压力，kg/cm^2；

K—安全系数，常取 1.1～1.2。塑件简单取小值，反之取大值。

表 3.2 和表 3.3 分别列出常用塑料在注射成型时型腔内的压力经验值和所需锁模力，供设计时参考，在计算时，注意单位的换算。

表 3.2　　几种常用塑料的注塑压力

塑 料 名 称	模腔内压力（$\times 10^5$Pa）	塑 料 名 称	模腔内力（$\times 10^5$Pa）
HDPE	200～350	AS	约 300

续表

塑料名称	模腔内压力（×10⁵Pa）	塑料名称	模腔内力（×10⁵Pa）
LDPE	100～150	ABS	约 300
PP	150	PMMA	约 300
PS	150～200	CA	约 350

表 3.3　　塑件注塑时所需锁模力

所需锁模力（$\times10^5$Pa） / 塑件平均厚度（mm）	200∶1	150∶1	125∶1	100∶1	50∶1
1.02	—	706	633	509	316
1.52	844	598	422	316	211
2.03	633	422	316	367	176
2.54	492	316	246	211	176
3.05	352	281	218	211	176
3.56	316	246	218	211	176

4．对注射机有关安装尺寸的校核

设计塑料模具时，不仅要与注射机的有关工艺参数校核，还应对注射机有关安装尺寸核对，避免模具安装不上。

（1）可安装的模具高度范围

每台注射机都有一个允许安装模具的高度范围，所设计的模具高度应在这一允许范围内，即

$$H_{min}\leqslant H\leqslant H_{max}$$

式中，H—模具高度；

H_{max}，H_{min}—分别是注射机允许安装的最大和最小模具高度。

（2）喷嘴尺寸与定位圈尺寸的校核

模具需和注射机对接，所以模具主流道始端凹下的球面半径应与注射机喷嘴头球面半径相适应。另外，注射机的固定模板上有一个起定位作用的基准孔，模具安装后确保主流道与料筒、喷嘴中心线同轴模具上的定位圈凸台与这一定位孔间隙配合，如图 3.10 所示。

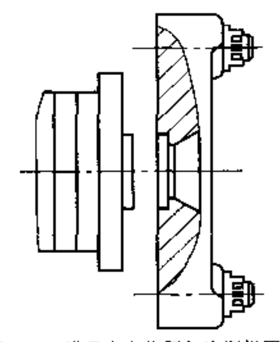


图 3.10　模具上定位圈与注塑机固定模板上定位孔的配合

（3）模板上的螺纹安装孔

每台注射机的移动模板和固定模板上都有一定数量和孔径的螺纹安装孔，并按一定的方式排列。例如，XS-ZY-125 注射机上螺孔为 M 36－M16，在设计模具时，模板上安装用的孔的大小及孔距必须与这些螺纹安装孔相适应。

（4）模具外形尺寸与注塑机拉杆间距

注射模安装时，首先应顺利通过注射机拉杆之间的空间，不同的注射机，拉杆之间的间距不同。例如 XS-ZY-125 注射机拉杆间距为 290×260（上下×左右），XS-ZY-500 注塑机拉杆

间距为 440×540（上下×左右），所设计的注射模外形尺寸应小于注射机拉杆间的距离，否则无法通过。此外，模具的长宽应小于移动模板和固定模板长宽尺寸，并留有安装压板位置。

5．开模行程的校核

开模行程 S（合模行程）是指模具开启过程中动模固定板的移动距离。它的大小直接影响模具所能成型的塑件高度。太小则不能成型高度较大的塑件，因为成型后，无法把塑件从动、定模之间取出。按注射机类型不同，有以下三种情况。

（1）开模行程与模具安装高度无关时的校核

当锁模机构是机械和液压式联合作用的注射机，开模行程不受模具安装高度影响。模具安装高度靠连接在移动模板后的大调节螺母在允许的范围内调节，而开模行程由锁模的曲肘（单曲肘或双曲肘）的运动或移模油缸的运动所决定。

① 单分型面注射模具（见图 3.11）应满足如下关系：

$$S \geqslant H_1+H_2+(5\sim10)\text{mm}$$

式中，S—注射机的开模行程（mm）；

H_1—塑件被顶出距离（mm）；

H_2—塑件高度（mm）。

② 双分型面注射模具（见图 3.12），应按如下关系校核：

$$S \geqslant H_1+H_2+a+(5\sim10)\text{mm}$$

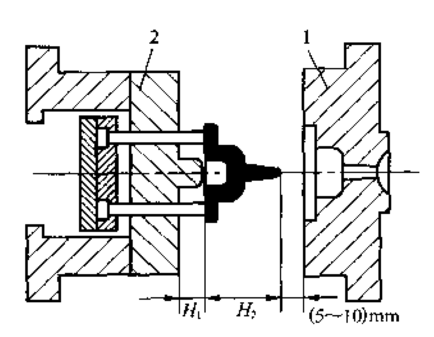


图 3.11　单分型面注射模具开模行程的校核

1—定模；2—动模

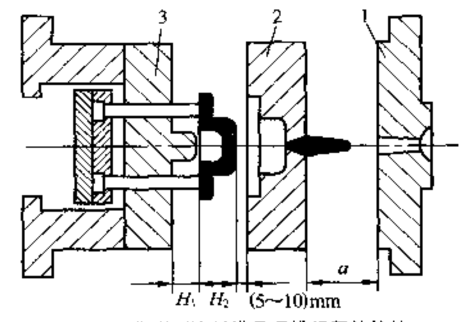


图 3.12　双分型面注射模具开模行程的校核

1—定模；2—型腔板；3—动模

式中，a—第一个分型面分开的距离，此距离应保证能取出浇注系统。其他符号意义同前。

（2）开模行程与模具安装高度有关时的校核

全液压式或全机械式锁模机构的注射机。如全液压式为 S-ZY-250，角式机 SYS-45 和 SXS-60 等。这种注射机的最大开距 S_{max} 是固定的。

所以开模行程受到模具高度的影响。安装的模具高度愈大，开模行程愈小，这种注射机上标明了最大开距（即移动模板与固定模板间可能的最大距离）和允许的模具安装最小高度，这样实际的开模行程是最大开距与模具高度之差，如图 3.13 所示。

$$S=S_k-H_m$$

式中，S—开模行程（mm）；

S_k—最大开距（mm）；

H_m—模具高度（mm）。

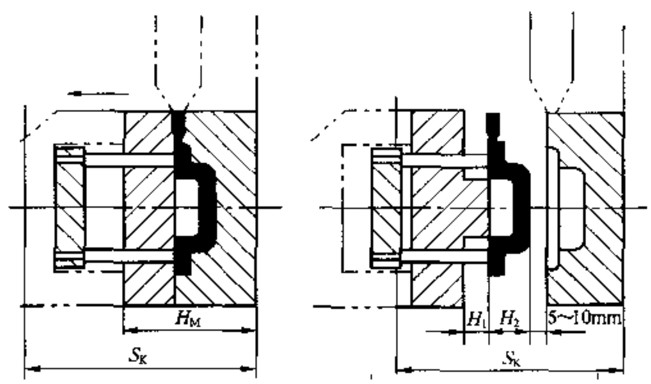


图 3.13 注射机开模行程与模厚有关时开模行程的校核

① 单分型面注射模具（见图 3.11），应满足如下关系：

$$S=S_k\ H_m \geqslant H_1+H_2+(5\sim10)\text{mm}$$

② 双分型面注塑模具（见图 3.14）应满足如下关系：

$$S=S_k-H_m\ \geqslant H_1+H_2+a+(5\sim10)\text{mm}$$

（3）有侧向抽芯时开模行程时的校核

有侧向抽芯时开模行程的校核还应考虑完成抽芯动作所需增加的开模行程。设完成侧抽芯动作的开模距离为 H_c 时，可分下面两种情况校核。

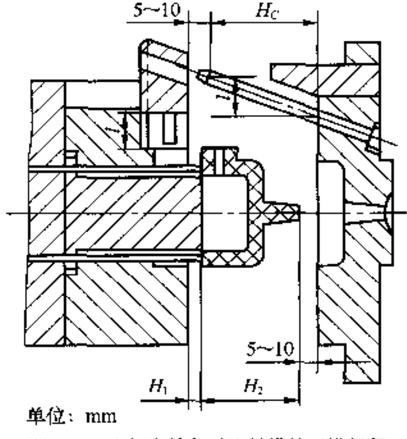
① 当 $H_c \geqslant H_1 < H_2$ 时，取

$$S=H_c+(5\sim10)\text{mm}$$

② 当 $H_c \leqslant H_1 < H_2$ 时，取

$$S=H_1+H_2+(5\sim10)\text{mm}$$

仍用上述各公式进行校核。模具设计时，一般将抽芯距离大的型芯置于开模方向。



单位：mm

图 3.14 有侧向抽芯时注射模的开模行程

6．顶出装置校核

各种型号注射机顶出装置，顶出形式和最大顶出距离等参数也各不相同。设计的模具应与之相适应，如顶出装置的顶出形式、顶杆直径、顶杆位置等都应满足塑件顶出的需要。

国产注射机的顶出机构大致可分为以下四类。

（1）中心顶杆机械顶出，如卧式注射机 XS-Z-60，XS-ZY-350，立式注射机 SYS-30。角式注射机 SYS-45，SYS-60 等型号注射机。

（2）两侧机械式双顶杆顶出，如卧式注射机 XS-Z-30，XS-ZY-125。

（3）中心顶杆液压顶出和两侧机械式顶杆联合作用。如卧式注射机 XS-ZY-250，XS-ZY-500。

（4）中心顶杆液压顶出与启模辅助油缸联合作用，如卧式注射机 XS-ZY-1000。

7．注射模的安装与固定

注射模设计制造后，经检验合格，生产时在注射机上安装固定。安装固定的方法有如下两种。

（1）螺钉直接固定

螺钉直接固定是在模具上加工一定数量的孔，用螺钉把它和注射机模板连接和固定。其优点是紧固力大，比较安全可靠。即使螺钉有所松动，也不容易使模具掉下造成事故。但螺钉直接固定有两个缺点，一是安装起来较麻烦，这是因为注射机模板上的螺纹孔间距未注公差，因此模具上所加工的相应孔距也不注公差，要使几个孔与注射机上的螺纹孔都恰好对准而顺利施入螺钉较困难，花费的时间较长，而且要两个人以上配合完成；二是模具在注射机上的位置可调性较差，没有压板固定灵活。

（2）压板间接固定

利用压板间接固定如图 3.15 所示。

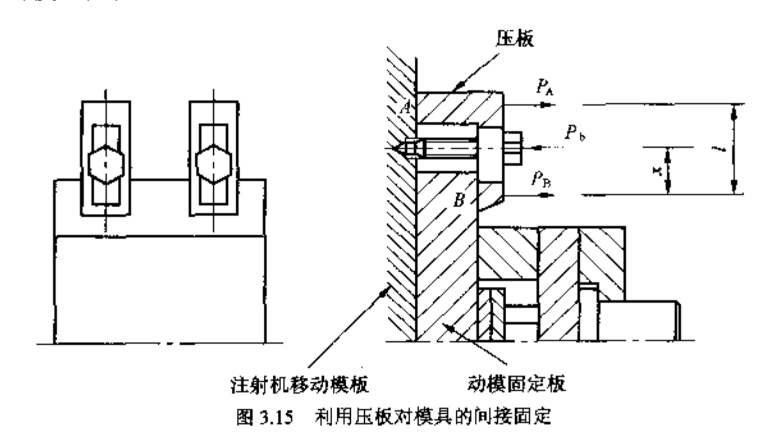


图 3.15　利用压板对模具的间接固定

这种固定方法的优点是简单快捷，模具固定板外形尺寸限制小，模具在注射机上的位置调整范围较大，但紧固力小于用螺钉直接固定。

在卧式和直角式注射机上安装模具，模具因重力作用下滑，因此应满足如下条件：

$$P_B \times \mu > W$$

式中，W—模具重量，N；

μ—模具固定板与注射机模板的间的摩擦系数；

P_B—模具对压板的反作用力，数值上就等于压板对模具的压紧力。

因此μ越大，安装固定越牢靠，所以，模具固定板与注射机模板相接触的面加工得粗糙些，有利于增大摩擦系数，在同样压紧力下，可获得更大摩擦力，防止模具下滑。

中、小型模具常采用压板固定法，大型模具的固定一般同时使用两种方法。

3.3　分型面的选择

3.3.1　分型面的类型

为了安装嵌件和顺利取出已成型的塑件及浇注系统凝料，必须将模具分成两个或两个以上可以分离的主要部分，这些相互接触的表面称为分型面。下面介绍分型面的基本形式及表示方法。

根据分型面的形状，可分为平直分型面、倾斜分型面、阶梯分型面、曲面分型面、瓣合分型面，如图 3.16 所示。

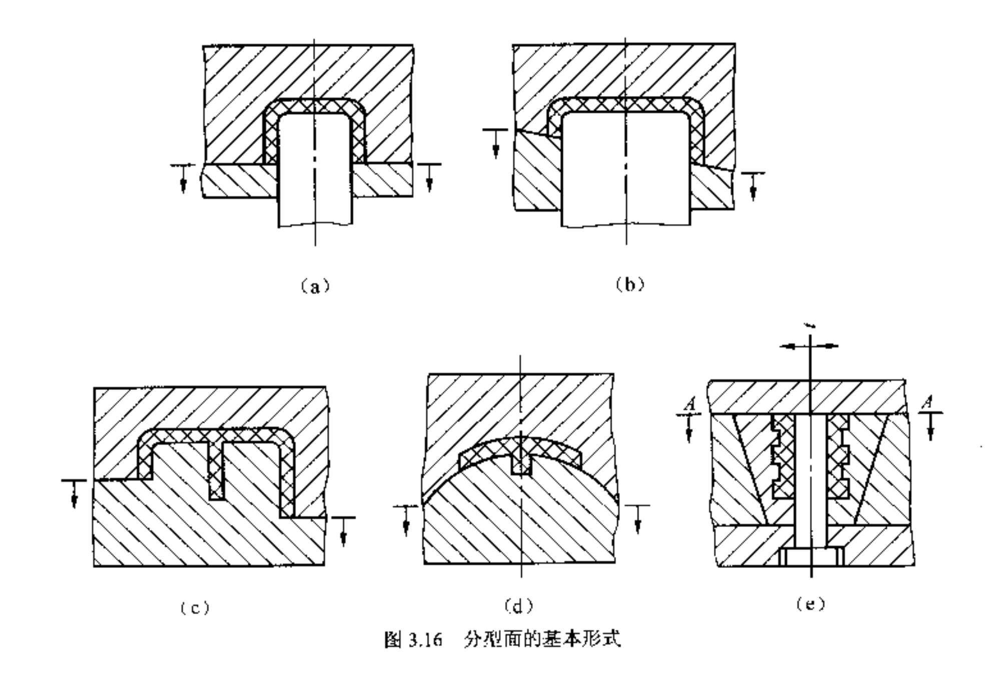


图 3.16 分型面的基本形式

在模具装配图中，分型面如下标注：“←|”，一竖表示此处为分型面，箭头指向模具某部分移动的方向，而另一方表示不动。若分型面两边的模板作移动，用“←|→”表示。对于多个分型面，应按先后开模顺序，标出 A，B，C 或 I，II，III 等。

3.3.2 分型面选择的一般原则

分型面的选择是设计模具的重要环节，它要根据塑件的形状特点、精度要求、嵌件安放、推出方式、充型排气等诸多因素考虑，往往提出多种分型方案，加以分析比较，择优选择利用。现将选择分型面的原则介绍如下。

（1）分型面应选在型件外形最大轮廓外，即选在型件的截面积最大处，否则，塑件不能从型腔中取出。

（2）分型面的选择应尽可能使型件在开模后留在推出机构一侧，便于塑件顺利脱模，如图 3.17 所示。推出机构一般设在动模一侧，所以图 3.17（b）所示合理。

（3）保证塑件精度要求，如图 3.18 所示为双联塑件齿轮，图 3.18（b）有复古利于两部分齿轮的同轴度要求，按图 3.18（a）的设计，当动定模合模时发生了错移，则将造成两部分齿轮的错移，影响使用精度。

（4）应考虑外观要求。不要在塑件的重要表面开设分型面，还应考虑在分型面处所产生的飞边是否容易清除，如图 3.19（b）所示合理。

（5）有利于模具的制造。如图 3.20（a）图虽为平直分型面较好，但模具加工较困难，如按（b）图分型，则有利于模具的制造。

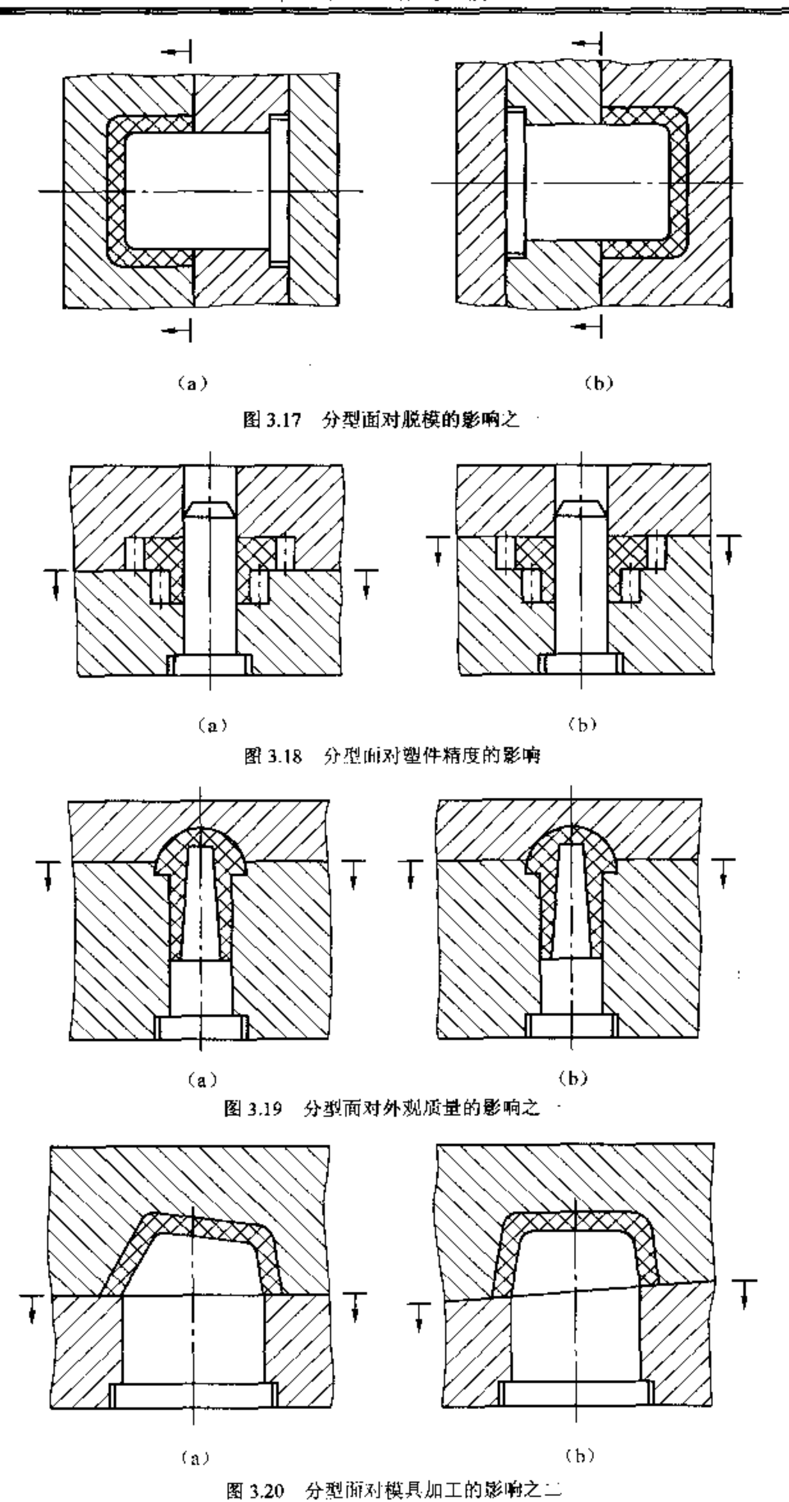


图 3.17　分型面对脱模的影响之

(a)　　(b)

图 3.18　分型面对塑件精度的影响

(a)　　(b)

图 3.19　分型面对外观质量的影响之

(a)　　(b)

图 3.20　分型面对模具加工的影响之二

（6）有利于排气，分型面应尽量使塑料熔体的料流末端重合，从而有利于气体排出。如图 3.21 中（b）图较好，因料流末端直接与分型面相连接。

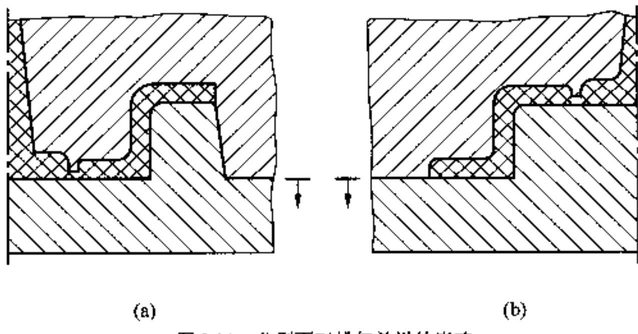


图 3.21　分型面对排气效果的影响

（7）应考虑成型面积的影响。塑件在分型面上投影面积越大，所需的锁模力越大，设备也越大。因此应尽量使塑件在合模分型面上的投影面积小。如图 3.22（b）比较好。

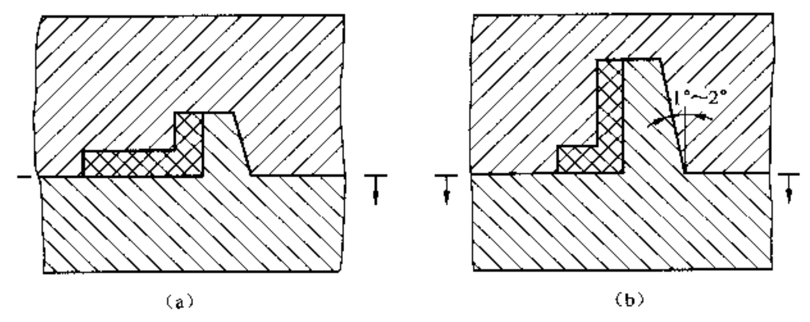
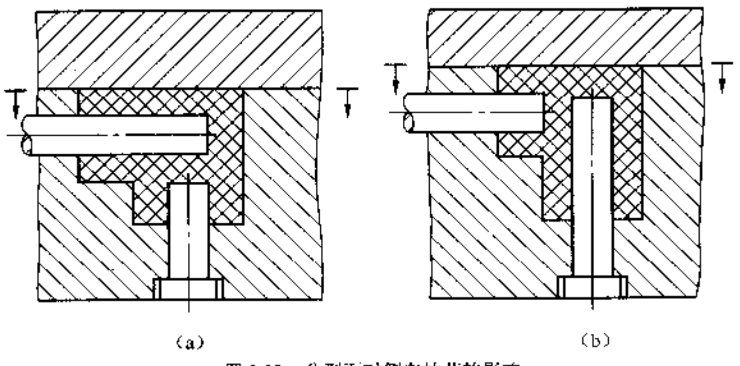


图 3.22　分型面对成型面积的影响

（8）有利于侧向抽芯。当塑件有侧向抽芯机构时，应将较深的凹孔或较高的凸台放置在开模方向，如图 3.23 所示，图（a）开模距大于图（b），所以，图（b）较好。



(a)　(b)

图 3.23　分型面对侧向抽芯的影响

3.4　浇注系统设计

3.4.1　浇注系统的组成与作用

1．浇注系统的组成

注射模的浇注系统是指熔体从注射机的喷嘴开始到型腔为止熔体流动的通道。图 3.24 所

示为卧式注射机用模具的普通浇注系统。图 3.25 所示为角式注射机用模具的普通浇注系统。它们都由主流道、分流道、浇口、冷料穴几部分组成。

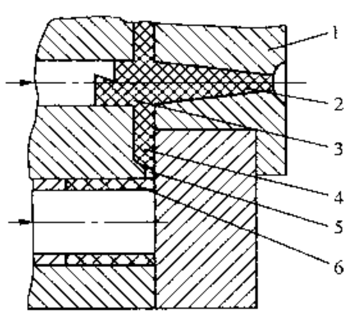


图 3.24 卧式注射机用模具的浇注系统

1—主流道衬套；2—主流道；3—冷料穴；4—分流道；5—浇口；6—型腔

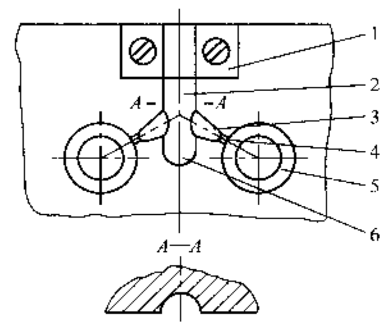


图 3.25 角式注射机用模具的浇注系统

1—镶块；2—主流道；3—分流道；4—浇口；5—型腔；6—冷料穴

主流道是指紧接注射机喷嘴到分流道为止的那一段流道，熔融塑料进入模具时首先经过它，它与注射机喷嘴在同一轴心线上，物料在主流道中并不改变流动方向，主流道断面一般为圆形，其断面尺寸可能是变化的（见图 3.24），也可以是不变的（见图 3.25）。

分流道是将从主流道中来的塑料沿分型面引入各个型腔的那一段流道，开设在分型面上，分流道的断面可以呈圆形、半圆形、梯形、矩形、U 字形等。它可以由动模和定模两边的沟槽组合而成，如圆形；也可以单开在定模一边或动模一边，如梯形、半圆形等。

浇口是指流道末端将塑料引入型腔的狭窄部分，除了主流道型浇口以外的各种浇口，其断面尺寸一般都比分流道的断面尺寸小，长度也很短，起料流速度、补料时间等的调节控制作用。其断面形状，常见的有圆形、矩形等。

冷料穴是为了除去料流中的前锋冷料而设置的。在注射过程的循环中，由于喷嘴与低温模具接触，使喷嘴前端存有一小段低温料，常称冷料。在注射入模时，冷料在料流最前端。如冷料进入型腔将造成制件的冷接缝，甚至在未进入型腔前冷料头即将浇口堵塞而不能进料。冷料穴一般设在主流道的末端，有时分流道末端也设有冷料穴。

2．浇注系统的作用

浇注系统的作用是：将熔体平稳地引入型腔，使之按要求填充型腔的每一个角落；使型腔内的气体顺利地排除；在熔体填充型腔和凝固的过程中，能充分地把压力传到型腔各部位，以获得组织致密、外形清晰、尺寸稳定的塑料制品。

可见，浇注系统的设计正确与否是注射成型能否顺利进行，能否得到高质量塑料制品的关键。

浇注系统分为普通浇注系统和热流道浇注系统两类。

3.4.2 普通浇注系统的设计

1．主流道的设计

在卧式或立式注射机使用的模具中，主流道垂直于分型面。主流道通常设计在模具的浇口套中，如图 3.26 所示。为了让主流道凝料能顺利从浇口套中拔出，主流道设计要求是：①主流

道设计成具有锥角为 2°～6° 的圆锥形；②小端直径 d 比注射机喷嘴直径大 0.5mm～1mm，一般小端直径 d 为 3mm～6mm，小端为球面，其深度为 3mm～5mm，注射机喷嘴的球面在该位置与模具接触并且贴合，因此要求主流道球面半径比喷嘴球面半径大 1mm～2mm，主流道的长度应尽量短，以减少压力损失，其长度值由模板厚度确定，一般不超过 60mm；③主流道的内表面粗糙度 $Ra \leqslant 0.8\mu m$；④浇口套一般采用碳素工具钢如 T8A、T10A 等材料制造，热处理淬火硬度 53HRC～57HRC。

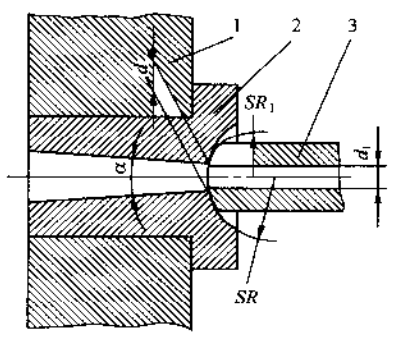
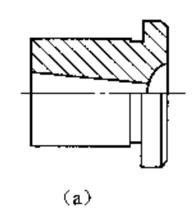
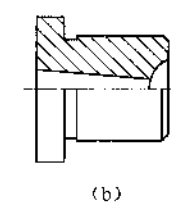


图 3.26　主流道衬套与喷嘴的关系

1—定模板；2—主流道衬套；3—注射机喷嘴

由于主流道需要与高温塑料熔体频繁接触与相碰，有时要穿过几块模板，因此设置主流道衬套是必要的，主流道衬套的结构形式如图 3.27 所示。图 3.27（a）把主流道衬套与定位圈设计成整体式的形式，用螺钉固定于定模座板上，一般只用于小型注射模；图 3.27（b）和图 3.27（c）为主流道衬套与定位圈设计成两个零件的形式，以台阶的形式固定在定模座板上，其中图 3.27（c）为主流道衬套穿过定模座板与定模板的形式。


(a)


(b)

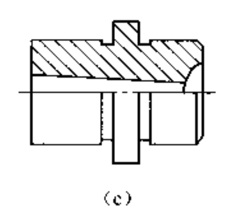

(c)

图 3.27　主流道衬套的结构形式

主流道衬套与模板配合固定的形式如图 3.28 所示。主流道衬套与模板间的配合采用 H7/m6 的过渡配合，主流道衬套与定位圈采用 H9/f9 的配合。定位圈在模具安装调试时应插入注射机定模板的定位孔内，用于模具与注射机的安装定位。定位圈外径比注射机定模板上的定位孔径小 0.2mm 以下。注意，主流道衬套与定模板连接必须可靠，以防注射反压力作用的松动。

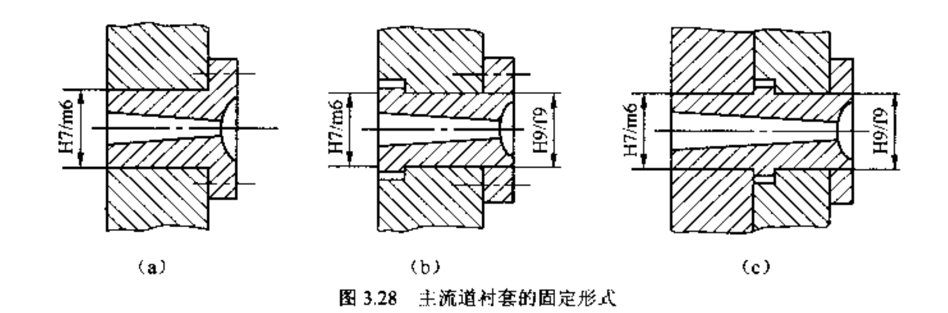


图 3.28　主流道衬套的固定形式

2. 分流道的设计

在设计多型腔或者多浇口的单型腔浇注系统时，应设置分流道。分流道的作用是改变熔

体流向，使其以平稳的流态均衡地分配到各个型腔。设计时应尽量减少流动过程中的热量损失与压力损失。

（1）分流道的形状与尺寸

分流道开设在动定模分型面的两侧或任意一侧，其截面形状应尽量使其比表面积（流道表面积与其体积之比）小，在温度较高的塑料熔体和温度相对较低的模具之间提供较小的接触面积，以减少热量损失。常用的分流道截面形式有圆形、梯形、U 形、半圆形及矩形等几种形式，如图 3.29 所示。

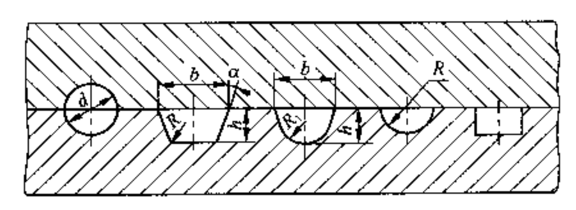


图 3.29 分流道截面形状

圆形截面的比表面积最小，但需开设在分型面的两侧，在制造时一定要注意模板上两部分形状对中吻合；梯形及 U 形截面分流道加工较容易，且热量损失与压力损失均不大，为常用的形式；半圆形截面分流道需用球头铣刀加工，其表面积比梯形和 U 形截面分流道略大，在设计中也有采用；矩形截面分流道因其比表面积较大，且流动阻力也大，故在设计中不常采用。

分流道截面尺寸视塑料品种、塑件尺寸、成型工艺条件以及流道的长度等因素来确定。通常圆形截面分流道直径为 2mm～10mm；对流动性较好的尼龙、聚乙烯、聚丙烯等塑料的小型塑件，在分流道长度很短时，直径可小到 2mm；对流动性较差的聚碳酸脂、聚砜等直径可大至 10mm；对于大多数塑料，分流道截面直径常取 5mm～6mm。

梯形截面分流道的尺寸可按下面经验公式确定

$$b = 0.2654\sqrt{m}\sqrt[4]{L}$$

$$h = \frac{2}{3}b$$

式中，b—梯形大底边宽度，mm；

m—塑件的质量，g；

L—分流道的长度，mm；

h—梯形的高度，mm。

梯形的侧面斜角 α 常取 5°～10°，底部以圆角相连。上式适用于塑件壁厚在 3.2mm 以下，塑件质量小于 200g 情况，且计算结果 b 应在 3.2mm～9.5mm 范围内才合理。按照经验，根据成型条件不同，b 也可在 5mm～10mm 内选取。

U 形截面分流道的宽度 b 也可在 5mm～10mm 内选取，半径 R=0.5b，深度 h=1.25R，斜角 α=5°～10°。

（2）分流道的长度

根据型腔在分型面上的排布情况，分道流可分为一次分流道、二次分流道和三次分流道。分流道的长度要尽可能短且弯折少，以便减少压力损失和热量损失，节约塑料的原材料和能耗。图 3.30 所示为分流道长度的设计参数尺寸，其中 L_1=6mm～10mm，L_2=3mm～6mm，L_3=6mm～10mm，L 的尺寸根据型腔的多少和型腔的大小而定。

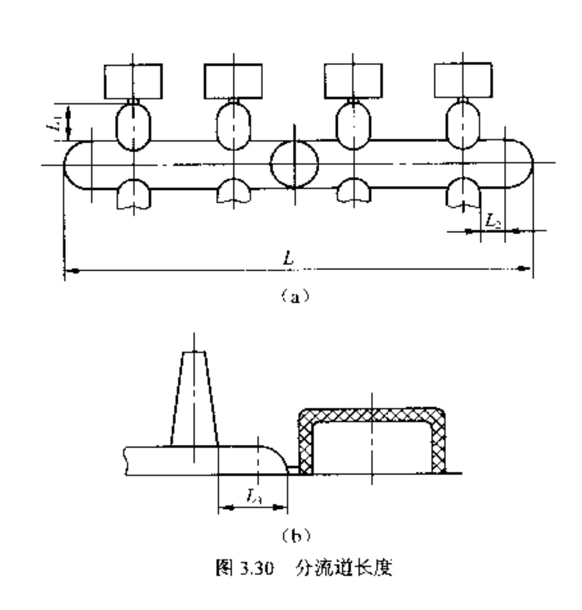


图 3.30　分流道长度

（3）分流道的表面粗糙度

由于分流道中与模具接触的外层塑料迅速冷却，只有内部的熔体流动状态比较理想，因此分流道表面粗糙度要求不能太低，一般 Ra 取 1.6μm 左右，这可增加对外层塑料熔体的流动阻力，使外层塑料冷却皮层固定，形成绝热层。

（4）分流道在分型面上的布置形式

分流道在分型面上的布置形式与型腔在分型面上的布置形式密切相关。如果型腔呈圆形状分布，则分流道呈辐射状布置；如果型腔呈矩形状分布，则分流道一般采用“非”字状布置。虽然分流道有多种不同的布置形式，但应遵循两个原则：一个是排列应尽量紧凑，缩小模板尺寸；另一个是流程尽量短，对称布置，使胀模力的中心与注射机锁模力的中心一致。分流道常用的布置形式有平衡式和非平衡式两种，这与多型腔的平衡式与非平衡式的布置是一致的。

3．浇口的设计

浇口又称进料口，它的作用是使从分流道来的熔体产生加速，以快速充满型腔。由于一般浇口的尺寸比型腔部分小得多，所以总是首先凝固，只要注射工艺过程中保压时间足够，凝固封闭后的浇口就能防止熔体倒流，而且也便于浇口凝料与制品分离。

浇口在大多数情况下是整个浇注系统中截面最小的部分（除直接浇口外）。当熔体通过狭小浇口时，其剪切速率增高，同时由于摩擦作用，熔体温度升高，熔体粘度降低，流动性提高，有利于充填型腔，获得外形清晰的塑料制品。当浇口截面尺寸过小，压力损失大，冷凝快，补缩困难，会造成制品缺料、缩孔等缺陷，甚至还会产生熔体破裂形成喷射现象，制品表面出现凹凸不平。相反，浇口截面尺寸过大，注射速度降低，温度下降，制品可能产生明

显的熔接痕和表面云层现象。所以浇口形式、大小和位置的选择，数量的多少，在很大程度上决定了制品质量的好坏，也影响着制品成型周期的长短。一般来说小浇口优点较多，它可以增加熔体通过的流速，充模容易，这对于塑料熔体粘度对剪切速率较敏感的塑料，如聚乙烯、聚苯乙烯等尤其有利；小浇口对熔体有较大的摩擦阻力，结果使熔体温度明显上升，粘度降低，流动性增大，有利于薄壁复杂制品的成型；小浇口可以控制并缩短保压补缩时间，以减小制品内应力，防止变形和破裂，这是因为如果浇口尺寸大，延长浇口固化时间，型腔内有很大的补缩压力，使制品内应力增大；尤其浇口附近，而采用小浇口时，能正确控制补缩时间，适时封闭浇口，从而提高制品质量；对于多型腔模具，小浇口可以做到各型腔同时充模，使制品性能均匀，小浇口便于流道凝料与制品的分离，便于修整制品；小浇口缩短了模型周期，提高了生产率。但小浇口熔体流动阻力大，压力损失多，会延长充模时间，因而对于高粘度的塑料注射成型和收缩率大，要求有足够补缩时间的塑料注射成型，其浇口尺寸不宜过小。另外，采用小浇口的浇注系统，流道长，料耗多，因此，有时还需采用较大的浇口尺寸。

（1）浇口的类型、特点及应用

注射模的浇口形式较多，应根据塑料的成型特性、制品的几何形状、尺寸、生产批量、成型条件、注射机结构等因素综合考虑合理选用。常见形式有以下几种。

① 直接浇口

直接浇口又称中心浇口或主流道型浇口，如图 3.31 所示。其特点是熔体通过主流道直接进入型腔，流程短，进料快，流动阻力小，传递压力好，保压补缩作用强，有利于排气和消除熔接痕。同时浇注系统耗料少，模具结构简单而紧凑，制造方便，因此应用广泛。但去除浇口不便，制品上有明显的浇口痕迹，浇口部位热量集中，型腔封口迟，内应力大，易生成气孔和缩孔等缺陷。

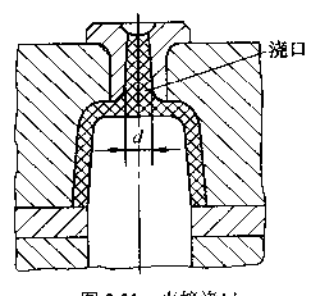


图 3.31　直接浇口

采用直接浇口的模具为单型腔模具，适用于成型深腔的壳形或箱形制品，不宜用于成型平薄或容易变形的制品。适合于各种塑料的注射成型，尤其对热敏性塑料及流动性差的塑料成型有利，但对结晶性塑料或易产生内应力和变形的塑料成型不利。成型薄壁制品时，根部直径刀不超过制品壁厚的 2 倍。

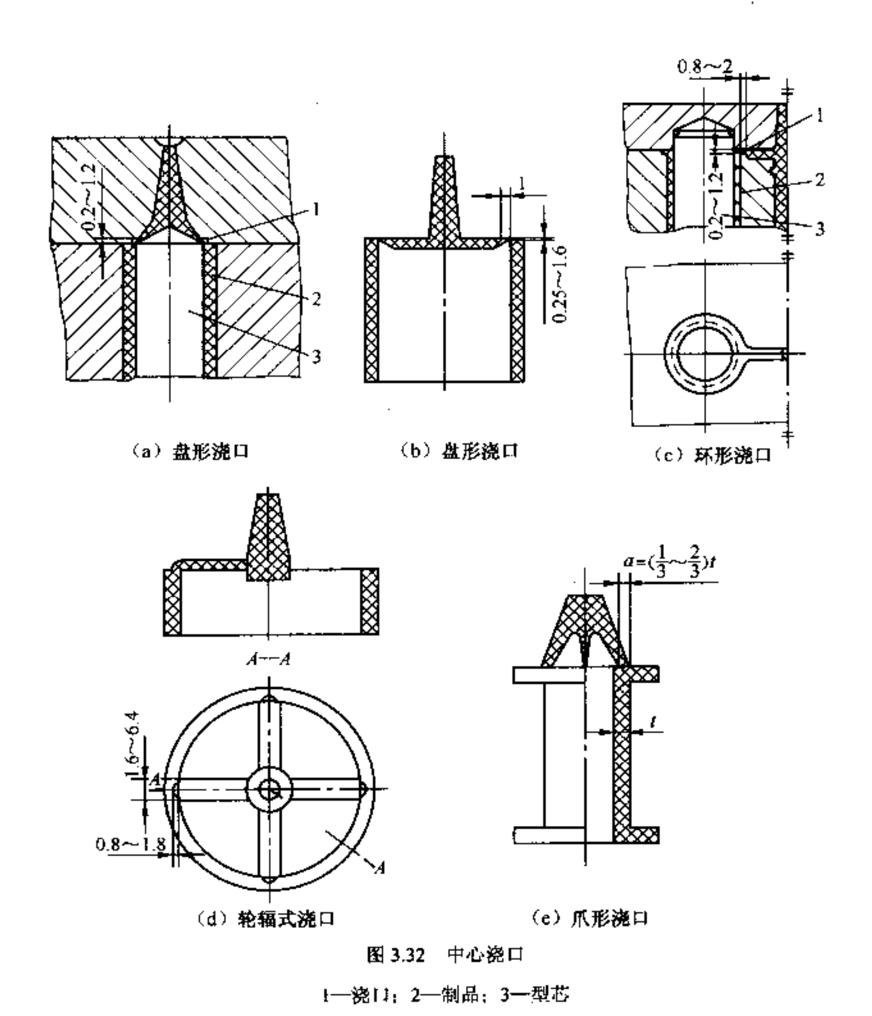
② 中心浇口

中心浇口是直接浇口的变异形式，熔体直接从中心流向型腔。它具有与直接浇口相同的优点，但去除浇口较直接浇口方便。当制品内部有通孔时，可利用该孔设分流锥，将浇口设置于制品的顶端。这类浇口一般用于单型腔注射模，适用于圆筒形、圆环形或中心带孔的制品成型。根据制品形状大小，它有多种变异形式，如图 3.32 所示。

图 3.32（a）、（b）所示为盘形浇口，它具有进料均匀，不容易生产熔接痕，排气条件好等优点。这种浇口适用于圆筒形或中间带有比主流道直径大的孔的制品成型。其中采用图 3.32（a）所示浇口时，模具型芯还能起分流作用，充模条件较理想，但料耗多。

图 3.32（c）所示为旁侧进料的环形浇口。这种浇口可使熔体环绕型芯均匀进料，避免了单侧进料可能产生的熔接痕。当模具中有细长型芯时，其两端可以固定，提高了型芯刚度，保证制品壁厚均匀。这种浇口主要用于成型长管类制品。盘形和环形浇口凝料去除

较难，常用切削加工方法去除，有的可用冲切去除，这时浇口位置的选择应符合冲切工艺的要求。



（a）盘形浇口　（b）盘形浇口　（c）环形浇口

（d）轮辐式浇口　（e）爪形浇口

图 3.32　中心浇口

1—浇口；2—制品；3—型芯

图 3.32（d）为轮辐式浇口，它是将整个圆周进料改成几小段圆弧形进料，去除浇口方便，且浇注系统的凝料较少。但制品容易产生熔接痕，从而影响了制品的强度与外观。这种浇口适用于圆筒形、扁平和浅杯形塑料制品的成型。

图 3.32（e）为爪形浇口，它是轮辐式浇口的变异形式。主要用于高管形或同轴度要求较高的制品成型。它除了具有中心浇口的共同特点外，型芯具有定位作用，避免了型芯的弯曲变形，保证了制品内外形同轴度和壁厚均匀性，去除浇口方便，但制品也容易产生熔接痕。

③ 侧浇口

侧浇口又称边缘浇口，如图 3.33 所示。一般情况下，侧浇口均开设在模具的分型面上，从制品内侧或外侧边缘进料。它能方便地调整充模时的剪切速率和浇口封闭时间，是被广泛采用的一种浇口形式。它的截面形状通常采用矩形。热塑性塑料注射模侧浇口尺寸

见表 3.4。

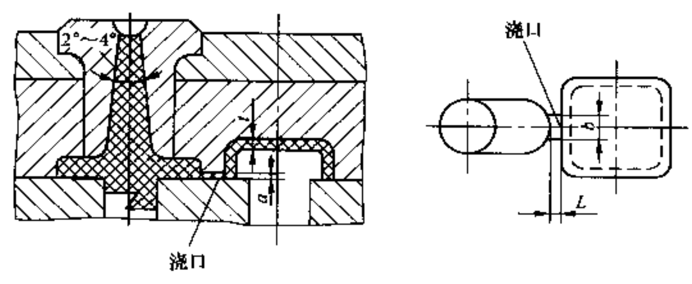


图 3.33　侧浇口

表 3.4　侧浇口尺寸

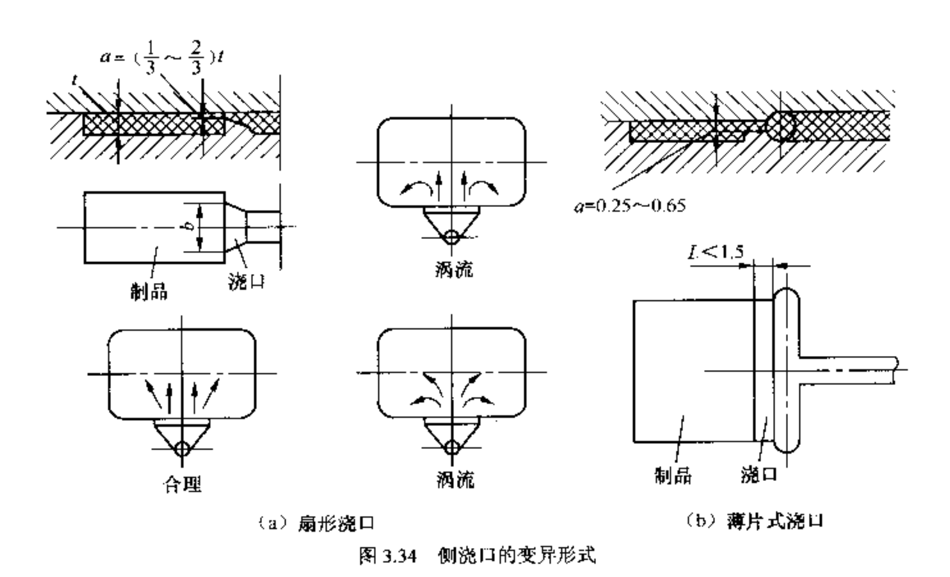
塑　料	壁厚 t/mm	制品复杂性	厚度 a/mm	宽度 b/mm	长度 L/mm
聚乙烯	<1.5	简单	0.5~0.7	中小型制品 (3~10)a 大型制品 >10a	0.7~2
		复杂	0.5~0.6		
聚丙烯	1.5~3	简单	0.6~0.9		
		复杂	0.6~0.8		
聚苯乙烯	>3	简单	0.8~1.0		
		复杂	0.8~1.0		
有机玻璃	<1.5	简单	0.6~0.8		
		复杂	0.5~0.8		
ABC	1.5~3	简单	1.2~1.4		
		复杂	0.8~1.2		
聚甲醛	>3	简单	1.2~1.5		
		复杂	1.0~1.4		
聚碳酸酯	<1.5	简单	0.8~1.2		
		复杂	0.6~1.0		
聚苯醚	1.5~3	简单	1.3~1.6		
		复杂	1.2~1.5		
聚砜	>3	简单	1.0~1.6		
		复杂	1.4~1.6		

侧浇口可根据制品的形状特点，灵活地选择浇口的位置。如框形或环形制品，浇口可以设在外侧；而当其内孔有足够位置时，可将浇口位置设在内侧，这样可使模具结构紧凑，流程缩短，改善成型条件。侧浇口适用于一模多件，能大大提高生产效率，去除浇口方便，但压力损失大，保压补缩作用比直接浇口小，壳形件排气不便，易产生熔接痕、缩孔及气孔等缺陷。

为了适应不同塑料及不同形状尺寸的制品的成型需要，侧浇口又有两种变异形式，如图

3.34 所示。

图 3.34（a）为扇形浇口，它常用来成型宽度（横向尺寸）较大的薄片状制品，如托盘、标尺、盖板等，流程较短，效果较好。扇形浇口沿进料方向逐渐变宽减薄，与制品连接处减至最薄，熔体均匀地通过长约 1mm 的台阶进入型腔。浇口的厚度由制品的形状、尺寸和塑料特性来决定，一般 a=0.25mm～1mm，或取浇口处制品壁厚的 1/3～2/3。扇角大小以不产生涡流为原则。熔体经过扇形浇口，在宽度方向得到更均匀的分配，可降低制品的内应力和减少带入空气的可能性，去除浇口方便。这种浇口同样适用于一模多型腔的场合。



（a）扇形浇口　　（b）薄片式浇口

图 3.34　侧浇口的变异形式

图 3.34（b）为薄片式浇口，又称平缝式浇口或宽薄浇口。这种浇口常用来成型大面积薄板制品。熔体通过特别开设的平行流道，以较低的线速度呈平行流态均匀地进入型腔。因而制品的内应力小，尤其是减少了因高分子取向而产生的翘曲变形，同时减少了气泡和缺料等缺陷。由于浇口深度很小，因而熔体通过薄浇口颈部时，使熔体进一步塑化。成型后的制品表面光泽清晰，但去除浇口工作量大，且浇口残痕明显。

薄片式浇口的厚度 a 很小，一般取 0.25mm～0.65mm，其宽度取浇口处型腔宽的 75%～100%。甚至可以更宽，浇口台阶长 L 不大于 1.5mm，一般为 0.65mm。

④ 点浇口

点浇口又称针浇口、橄榄形浇口或菱形浇口。这是一种尺寸很小的特殊形式的直接浇口。点浇口的优点是去除浇口后，制品上留下的痕迹不明显，开模后可自动拉断，有利于自动化操作。熔体通过点浇口时，有很高的剪切速度，同时由于摩擦作用，提高了熔体温度。对于表观粘度随剪切速率变化很敏感的塑料和粘度较低的塑料（如聚甲醛、聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯）来说，采用点浇口是很理想的，能获得外形清晰、表面光洋的制品。而对于某些流动性差和热敏性塑料（如碳酸酯、聚砜和有机玻璃等）及平薄易变形和形状复杂的制品成型，采用点浇口是不利的。点浇口的缺点是压力损失较大，制品收缩大，变形大。模具应设计成双分型面（三板式）模，以便脱出流道凝料。

点浇口的进料直径为 0.3mm～2mm（常见为 ϕ0.5mm～1.8mm），视塑料性质和制品质量而定。浇口长度为 0.5mm～2mm（常见为 0.8mm～1.2mm）。其主流道尺寸和侧浇口的主流道尺寸一样。图 3.35 为典型点浇口结构，其中图（a）为常用结构，图（b）与点浇口相接的流道下部具有圆弧 R，使其截面积增加，减少塑料冷却速度，有利于补料，效果较好，但这种点浇口制造困难，一般取 R=1.5mm～3mm。为了使点浇口拉断时不致损坏制品表面，并减小流动阻力，减小浇口的磨损，浇口与制品相接处采用圆弧或倒角过渡，如图 3.35（c）、（d）所示。

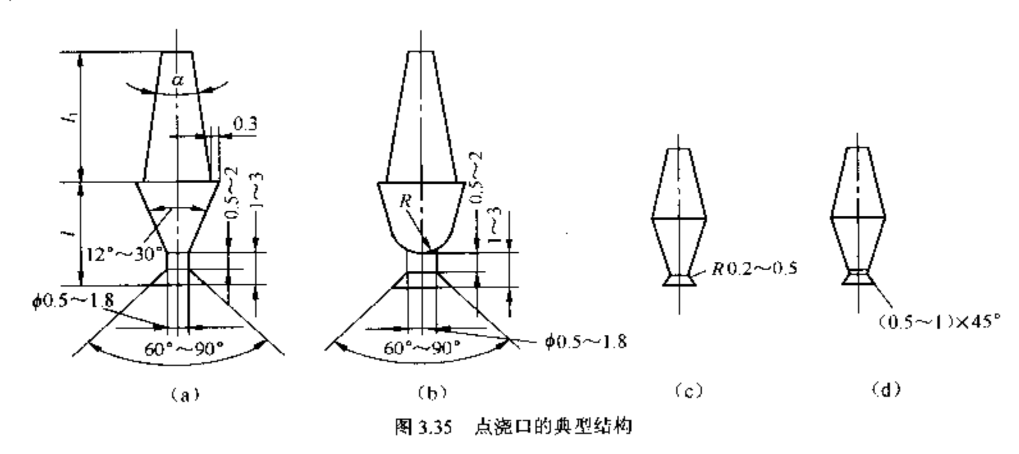


图 3.35　点浇口的典型结构

对于薄壁制品，由于在点浇口附近的剪切速率过高，造成分子高度定向，增加局部应力，甚至发生开裂现象。在不影响制品使用的条件下，可将浇口对面的制品壁厚增加并呈圆弧形过渡，可防止上述现象的发生。

对于大型制品的成型，可以设置几个点浇口同时进料，以便缩短流程，加快注射速率，降低流动阻力，减少翘曲变形。

⑤ 潜伏式浇口

潜伏式浇口又称隧道式浇口或剪切浇口。它是由点浇口演变而来的，其流道设置在分型面上，浇口常设在制品侧面不影响制品外观的较隐蔽部位，并与流道成一定角度，潜入分型面下面，斜向进入型腔，形成能切断浇口的刀口。开模时，流道凝料由推出机构推出，并与制品自动切断，省掉了切除浇口的工序。模具结构与侧浇口相似，但比点浇口的简单。图 3.36 所示为潜伏式浇口。

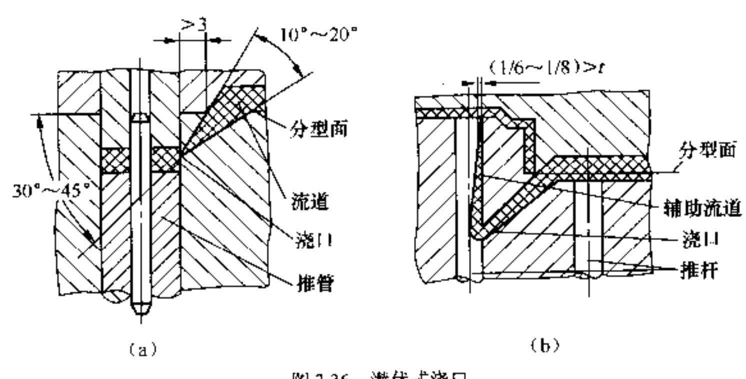


图 3.36　潜伏式浇口

图 3.36（a）是轴套类零件成型模具，采用外侧潜伏式浇口，浇口直径取 φ0.8mm～2mm，斜角为 30°～45°，开模时推管推出塑料制品的同时切断浇口；当制品上、下和外表面不能直接设置浇口时，只能在制品内部不影响外观的部位设置浇口，如图 3.36（b）所示，潜伏浇口设在推杆头部，即推杆头部切去一部分作为辅助流道，熔体流经这种浇口时的压力损失比外侧潜伏式浇口的大，因此当出现缩孔时，则必须加大注射压力。由于潜伏式浇口在推出制品和浇注系统凝料时，必须有较强的推力，因而这种浇口适用于软性塑料，如聚苯乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯和 ABS 等的制品成型。对于强韧的塑料，如聚苯乙烯等不宜采用。

⑥ 护耳浇口

护耳浇口又称调整片式浇口或分接式浇口。它专用于透明度高和一切无内应力的制品。这种制品如采用点浇口等小尺寸的浇口，熔体容易产生喷射，在制品上造成各种缺陷，或在浇口附近产生较大的内应力而引起制品翘曲。采用护耳浇口，可克服上述缺陷，图 3.37 所示为护耳浇口，熔体经过浇口进入护耳时，由于摩擦作用，温度升高，可改善其流动性。熔体再经过与浇口成直角的耳槽，冲击在耳槽对面壁上，降低了流速，改变了流向，形成平稳的料流均匀地进入型腔，保证了制品的外观质量。同时由于浇口离制品较远，使浇口的残余应力不可能直接影响制品，因此，用护耳浇口成型的制品内应力较小。但这种浇口去除比较麻烦。它主要用于聚碳酸酯、ABS、有机玻璃和硬聚氯乙烯等流动性差和对应力较敏感的塑料制品成型。

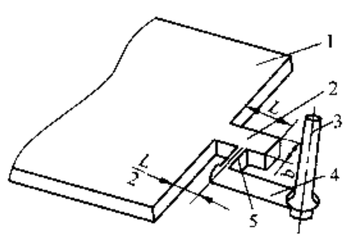


图 3.37 护耳浇口

1—制品；2—护耳；3—主流道；4—分流道；5—浇口

护耳的宽度 b 通常等于分流道的直径，长度 L 为宽度的 1.5 倍，厚度约为进口处制品厚度的 90%。浇口厚度与护耳厚度相等，宽为 1.6mm～3.2mm，浇口的长度在 1.5mm 以下（一般取 1mm）。当制品宽度大于 300mm 时可采用多个浇口和多个护耳。

（2）浇口截面形状及尺寸

浇口截面形状随着浇口的类型不同有所不同，常见的有矩形和圆形。这是因为矩形和圆形的尺寸精度容易保证，尤其矩形浇口用得比较广泛。

如上所述，浇口截面尺寸的大小对熔体流速及流态均有直接关系，从而对制品质量影响很大。一般浇口截面积与分流道的截面积之比为 0.03～0.09。在截面积相等的情况下，浇口的厚度大小，对料流压力损失大小和流速的快慢，对成型难易和气体排出顺利与否关系很大。浇口的宽度影响进入型腔熔体的流态，合理宽度可避免熔体进入型腔时产生旋涡。浇口的表面粗糙度 Ra 不低于 0.4μm，否则摩擦阻力大，降低熔体流速。

浇口的尺寸应根据不同具体条件来决定。对于流动性差的塑料和尺寸较大、壁厚的制品，其浇口尺寸应比流动性好、尺寸较小、壁较薄的制品大。设计时可先选择偏小尺寸，通过试模，根据实际成型情况，逐步修改增大。

（3）浇口位置选择原则

浇口位置主要是根据制品的几何形状和技术要求，并分析熔体在流道和型腔中的流动状态、填充、补缩及排气等因素后确定。一般应遵循下列原则。

① 避免制品上产生缺陷

如果截面尺寸较小的浇口正对着一个宽度都比较大的型腔，则高速的料流流过浇口时，由于受到很高的剪切力作用，将会产生喷射和蠕动（蛇形流）等熔体断裂现象。这些喷出的高度定向的细丝或断裂物很快冷却变硬，与后进入型腔的熔体不能很好地熔合而使制品出现明显的熔接痕。有时熔体直接从型腔一端喷到型腔的另一端，造成折叠，使制品形成波纹状痕迹。此外，喷射还会使型腔中空气难以排出，形成气泡。克服上述缺陷的办法是加大浇口截面尺寸或采用护耳式浇口，或采用冲击型浇口，即浇口设置在正对型腔壁或粗大型芯的方位，使高速料流直接冲击在型腔和型芯壁上，从而改变流向，降低流速，平稳地充满型腔，使熔体破裂的现象消失。图 3.38 所示为熔体喷射造成制品的缺陷。

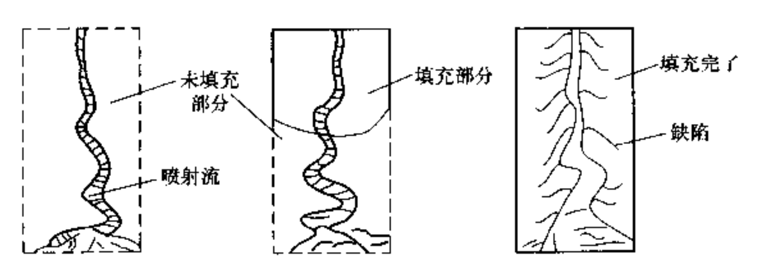


图 3.38　熔体喷射造成制品的缺陷

② 浇口开设的位置应有利于熔体流动和补缩

当制品的壁厚相差较大时，为帮助注射过程最终压力有效地传递到制品较厚部位以防止缩孔，在避免产生喷射的前提下，浇口的位置应开设在制品截面最厚处，以利于熔体填充及补料。如果制品上设有加强肋，则浇口可利用加强肋作为改善熔体流动的通道。如图 3.39 所示制品，厚薄不均匀，图（a）的浇口位置，由于收缩时得不到补料，制品会出现凹痕；图（b）的浇口位置选在厚壁处，可以克服凹痕的缺陷；选用图（c）所示的直接浇口，可以大大改善熔体充模条件，提高制品质量，但去除浇口比较困难。

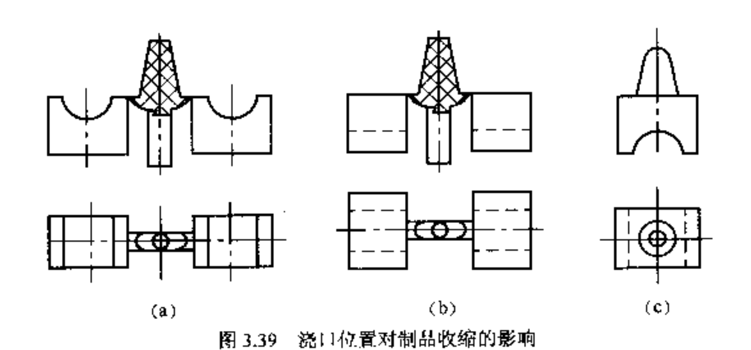


图 3.39　浇口位置对制品收缩的影响

③ 浇口位置应设在熔体流动时能量损失最小的部位

在保证型腔得到良好填充的前提下，应使熔体的流程最短，流向变化最少，以减少能量的损失。如图 3.40 所示，其中图（a）所示浇口位置，其流程长，流向变化多，充模条件差，且不利于排气，往往造成制品顶部缺料或产生气泡等缺陷。对这类制品，一般采用从中心注入的形式，可以缩短流程，有利于排气，避免产生熔接痕。图（b）为点浇口。图（c）为直

接浇口。后两者能克服图（a）可能产生的缺陷。

在设计浇口位置时，必要时应进行流动比的校核，即熔体流程长度与厚度之比的校核。显然，流动比大，即型腔壁厚不大，而流程很长，可能造成熔体不能充满整个型腔。这时就必须改变浇口位置或增加制品壁厚。流动比可按下式计算：

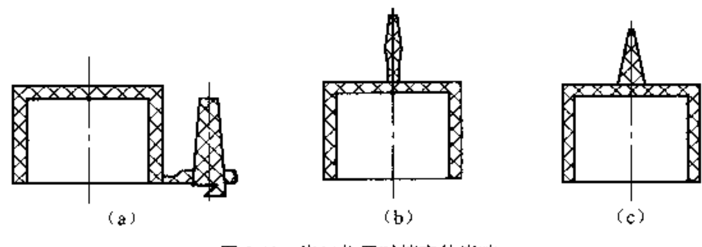


图 3.40 浇口位置对填充的影响

$$流动比=\sum_{i=1}^{i=n}\frac{L_i}{t_i}$$

式中，L_i—熔体流程的各段长度；

t_i—熔体流程的各段壁厚。

流动比是随着塑料熔体性质、温度、压力、浇口种类等因素而变化的，表 3.5 为常用塑料的注射压力与流动比，供模具设计时参考。

表 3.5　　常用塑料的注射压力与流动比

塑料品种	注射压力/MPa	流动比	塑料品种	注射压力/MPa	流动比
聚乙烯	49	140~100	聚苯乙烯	88.2	300~260
	68.6	240~200	聚甲醛	98	210~110
	147	280~250	尼龙 6	88.2	320~200
聚丙烯	49	140~100	尼龙 66	88.2	130~90
	68.6	240~200		127.4	160~130
	117.6	280~240	软聚氯乙烯	88.2	280~200
				68.6	240~160
聚碳酸脂	88.2	130~90	硬聚氯乙烯	68.6	110~70
	117.6	150~120		88.2	140~100
	127.4	160~120		117.6	160~120
				124.4	170~130

④ 浇口位置应有利于型腔内气体的排出

若进入型腔的塑料过早地封闭排气系统，型腔内的气体就不能顺利排出，结果会在制品上造成气泡、疏松、充模不满、熔接不牢等缺陷，或者在注射时由于气体被压缩而产生高温，使塑料制品局部碳化烧焦，图 3.40（a）就是一例。因此最后充满的地方不一定是在离浇口最远处，而往往是制品最薄处。若这些地方不设排气槽，常会造成封闭的气囊。如图 3.41 所示的盒形制品，由于侧壁厚度大于顶部，因此如按图（a）所示设置浇口位置，在进料时，熔体在侧壁的流速比顶部快，因而侧壁很快被充满，而在顶部形成封闭的气囊，结果在顶部常留

下明显的熔接痕或烧焦痕迹。如果仅从排气角度出发，最好改用图（b）所示的中心浇口。如不允许中心进料，仍采用侧浇口时，可增加顶部的壁厚，使顶部最先充满，最后充满浇口对边的分型面处，以利于排气，如图3.41（c）所示。如果要求制品侧壁必须厚于顶部，可在空气汇集处镶上多孔的烧结金属块，借微孔的透气作用而达到良好的排气效果。

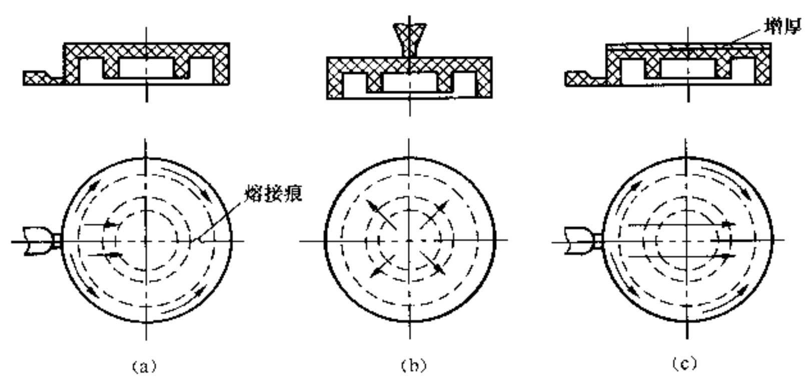


图3.41　浇口位置对排气的影响

⑤ 避免塑料制品产生熔接痕

严格来说，熔体在充模过程中一般都有料流间的熔接存在。塑料制品的目标是增加熔接的强度，尽量减少熔接痕的可能性，避免产生熔接痕，以保证制品的强度。产生熔接痕的原因很多，就浇口数量的设置来说，浇口数量多，产生熔接痕的机会就多，如图3.42所示。因而在熔体流程不太长的情况下，如无特殊要求，最好不设两个或两个以上浇口。根据以上原理，环形浇口一般无熔接痕，而轮辐式浇口就有可能产生熔接痕。对于大型板状制品，为了减小内应力和翘曲变形，必要时应设置多个浇口，如图3.43所示。

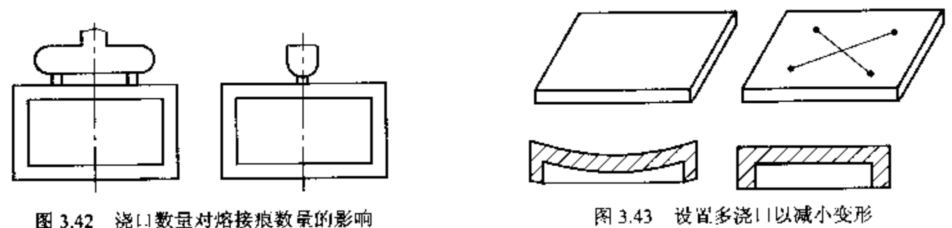


图3.42　浇口数量对熔接痕数量的影响

图3.43　设置多浇口以减小变形

在可能产生熔接痕的情况下，应采取工艺或模具设计的措施，增加料流熔接的强度，如图3.44所示，在熔接处的外侧开一溢料槽，以便料流前锋的冷料溢进槽内，避免熔接痕的产生。在模具设计时，可以通过正确设置浇口的位置来达到防止熔接痕的产生或控制料流熔接的位置。如图3.45所示的齿轮类制品，一般不允许有熔接痕在齿顶存在，不然会产生应力集中，影响其强度。当采用侧浇口进料时，如图3.45（a）所示，不但可能产生熔接痕，而且在去浇口时容易损伤齿部。改用中心浇口，如图3.45（b）所示，不但避免产生熔接痕，而且齿形也不会因清除浇口而损坏。图3.46所示为箱壳体制品（电视机、收录机外壳），浇口位置不同，不仅影响流程长短，而且也决定了料流熔接的方位和制品的强度。图（a）所示浇口位置，熔体流程长，当熔体流到末端时已失去熔接能力，可能产生熔接痕，降低制品的强度。图（b）所示浇口位置，熔体从进口到型腔各处的流程相差不大，有利于

成型和熔接，但流道较长，去除浇口困难。图（c）所示浇口位置，流程较短，可在熔接处开溢料槽，以增加熔接的强度，目前电视机一类的家用电器塑料外壳常采用潜伏式浇口，以获得漂亮外表的塑料制品。

⑥ 防止料流将型芯或嵌件挤压变形

对于具有细长型芯的筒形制品，应避免偏心进料，以防型芯弯曲。图 3.47 为薄壁筒形零件，其中图（a）是单侧进料，料流单边冲击型芯，使型芯偏斜而导致制品壁厚不均匀；图（b）采用两侧进料，可防止型芯弯曲，但同样排气不良；图（c）采用顶部中心进料，效果最好。图 3.48 是材料为聚碳酸酯的矿灯壳体，当熔体由顶部进料时，如果浇口较小，则熔体在型腔中部的流速比外侧流速大，因而中部首先充满，从而产生了侧向力 F_1 和 F_2，如型芯的长径比大于 5，则型芯会产生较大的弹性变形，待到熔体全部充满型腔和冷却凝固后，制品因难以脱模而破裂。图（b）浇口较宽，图（c）采用正对型芯的两个冲击浇口，两者进料都比较均匀，克服了图（a）的缺点。

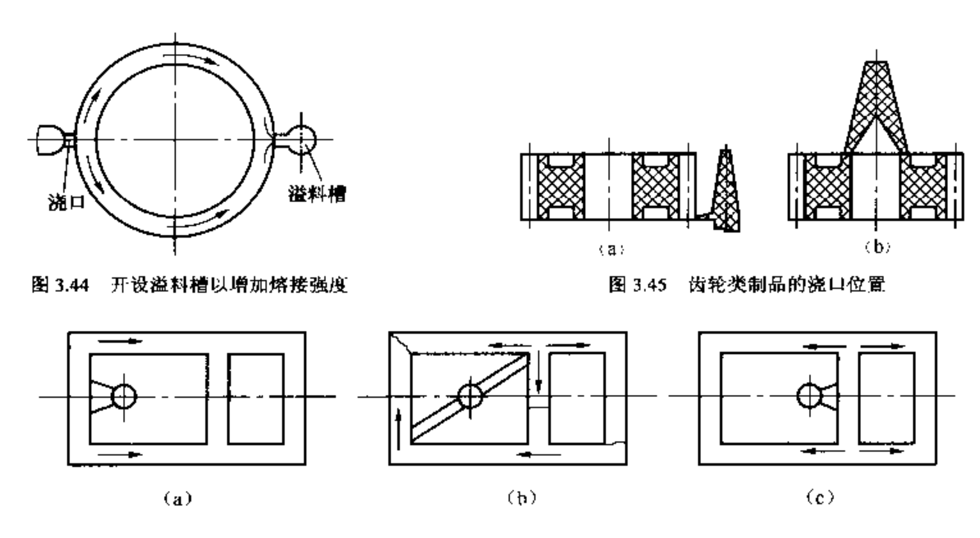


图 3.44　开设溢料槽以增加熔接强度

图 3.45　齿轮类制品的浇口位置

图 3.46　浇口位置与熔接痕的方位

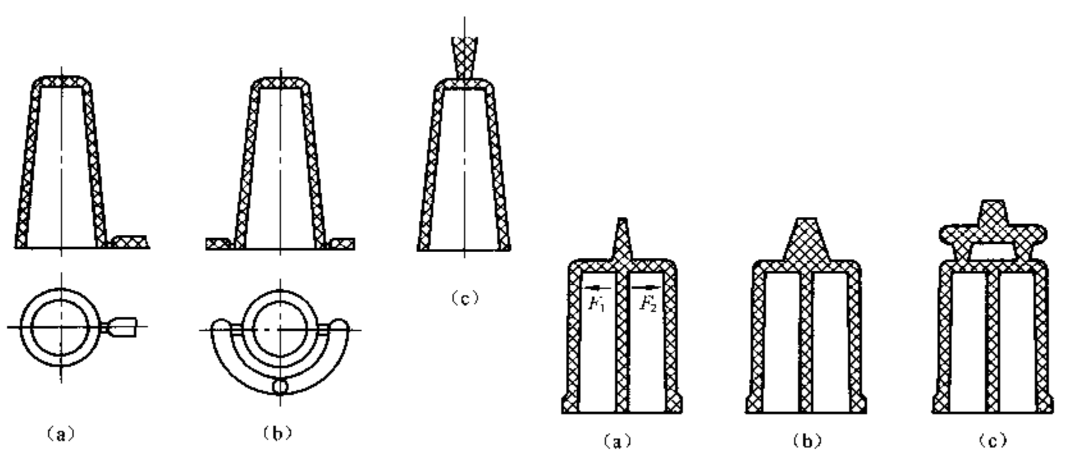


图 3.47　改变浇口位置防止型芯变形

图 3.48　改变浇口形式和位置防止型芯变形

⑦ 浇口位置的选择应考虑高分子取向对塑料制品性能的影响

注射成型时，应尽量减少高分子沿着流动方向上的定向作用，以免导致制品性能、应力开裂和收缩等的方向性。但要完全避免高分子在成型时的取向是不可能的，因而必须恰当设置浇口位置，尽量避免由于定向作用造成的不利影响。如图 3.49 所示，其中图（a）是口部带有金属嵌件的聚苯乙烯制品，由于成型收缩使金属嵌件周围的塑料层产生很大的切向拉应力，如果浇口开设在 A 的位置，则高分子定向和切向拉应力方向垂直，该制品使用几个月即开裂。图（b）为聚丙乙烯盒子，其“铰链”处要求达到几千万次弯折而不断裂，把浇口设在 A 处（两点），注射成型时塑料通过很薄的铰链（约 0.25mm）充满盖部，在铰链处产生高度的定向，达到了经受几千万次弯折而不断裂的要求。

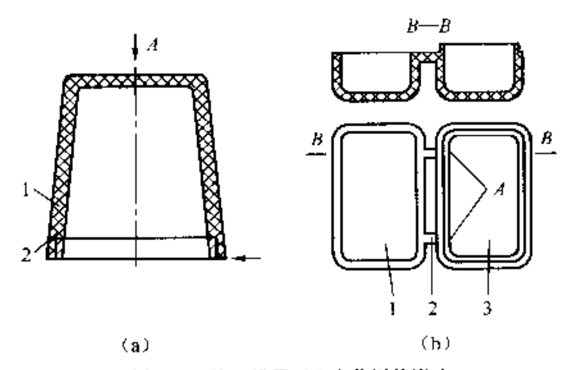


图 3.49 浇口设置对定向作用的影响

1—盖；2—铰链；3—盒

4．冷料穴和拉料杆的设计

冷料穴一般开设在主流道对面的动模板上，其直径与主流道大端直径相同或略大一些，深度约为直径的 1～1.5 倍，最终要保证冷料的体积小于冷料穴的体积。图 3.50 所示为常用冷料穴和拉料杆的形式。图 3.50（a）、（b）、（c）是底部带推杆的冷料穴形式，图 a 是端部为 Z 字形拉料杆形式的冷料穴，是最常用的一种形式，开模时主流道凝料被拉料杆拉出，推出后常常需用人工取出而不能自动脱落；图（b）是靠带倒锥形的冷料穴拉出主流道凝料的形式；图（c）是环形槽代替了倒锥形用来拉主流道凝料的形式。图（b）和图（c）适于弹性较好的软质塑料，能实现自动化脱模。图（d）和图（e）是适于推件板脱模的拉料杆形式冷料穴，拉料杆固定于动模板上，图（d）是带球形头拉料杆的冷料穴；图（e）是带菌形头拉料杆的冷料穴，这两种形式适于弹性较好的塑料。图（f）是使用带有分流锥形式拉料杆的冷料穴，适合各种塑料，适用于中间有孔的塑件而又采用中心浇口（中间有孔的直接浇口）或爪形浇口形式的场合。

有时因分流道较长，塑料熔体充模的温降较大，也要求在其延伸端开设较小的冷料穴，以防止分流道末端的冷料进入型腔。

冷料穴除了具有容纳冷料的作用以外，还具有在开模时将主流道和分流道的冷凝料勾住，使其保留在动模一侧，便于脱模的功能。在脱模过程中，固定在推杆固定板上同时也形成冷料穴底部的推杆，随推出动作推出浇注系统凝料（球形头和菌形头拉料杆例外）。并不是所有注射模都需开设冷料穴，有时由于塑料性能或工艺控制较好，很少产生冷料或塑件要求不高，

可不必设置冷料穴。

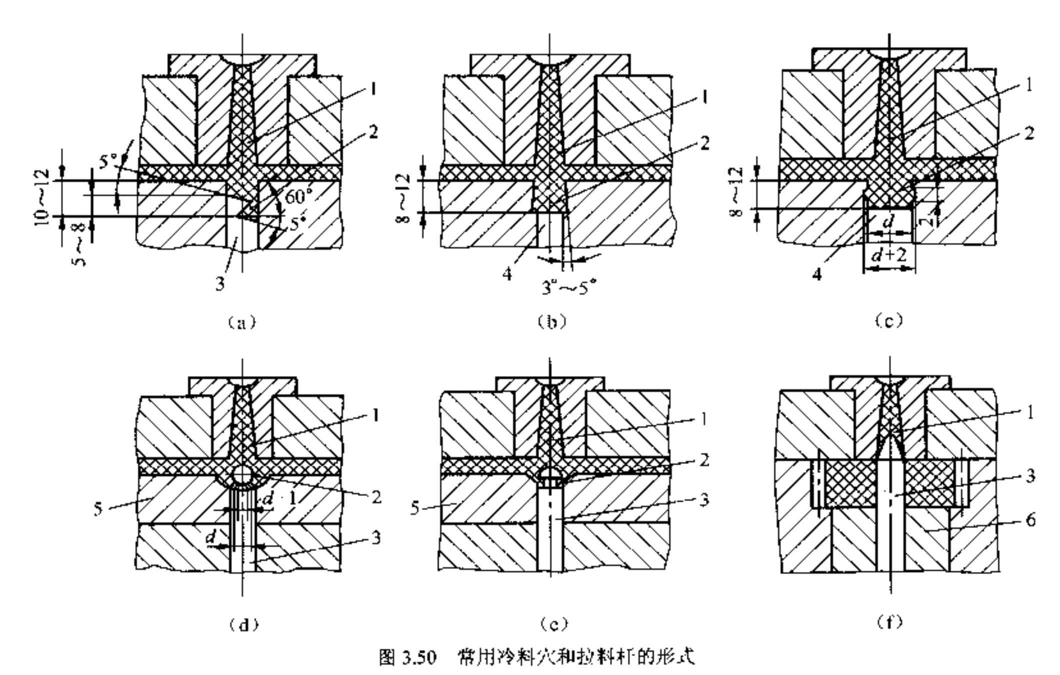


图 3.50 常用冷料穴和拉料杆的形式

1—主流道；2—冷料穴；3—拉料杆；4—推杆；5—脱模板；6—推块

3.4.3 排气与引气系统设计

1．排气系统的设计

型腔内气体的来源，除了型腔内原有的空气外，还有因塑料受热或凝固而产生的低分子挥发气体。塑料熔体向注射模型腔填充过程中，尤其是高速注射成型和热固性塑料注射成型时，必须考虑把这些气体顺序排出，否则，不仅会引起物料注射压力过大，熔体填充型腔困难，造成充不满模腔，而且部分气体还会在压力作用下渗进塑料中，使塑件产生气泡，组织疏松，熔接不良。甚至还会由于气体受到压缩，温度急剧上升，进而引起周围熔体烧灼，使塑件局部碳化和烧焦。因此在模具设计时，要充分考虑排气问题。

一般来说，对于结构复杂的模具，事先较难估计发生气阻的准确位置。所以，往往需要通过试模来确定其位置，然后再开排气槽。排气槽一般开设在型腔最后被充满的地方。

排气的方式有利用模具零件配合间隙排气和开设排气槽排气。

（1）间隙排气

大多数情况下，可利用模具分型面或模具零件间的配合间隙自然地排气，可不另设排气槽，特别是对于中小型模具。间隙的大小和排气槽一样，通常为 0.02mm~0.04mm。

（2）排气槽排气

开设排气槽排气，通常遵循下列原则。

① 排气槽最好开设在分型面上，因为分型面上因排气槽而产生的飞边，易随塑件脱出。

② 排气槽的排气口不能正对操作人员，以防熔料喷出而发生工伤事故。

③ 排气槽最好开设在靠近嵌件和塑件最薄处，因为这样的部位最容易形成熔接痕，宜排出气体，并排出部分冷料。

④ 排气槽的宽度可取 1.5mm～6mm，其深度以不大于所用塑料的溢边值为限，通常为 0.02mm～0.03mm。排气槽形式如图 3.51 所示。

尺寸较深且细的型腔，气阻位置往往出现在型腔底部，这时模具结构应采用镶拼方式，并在镶件上制作排气间隙。注意，无论是间隙排气还是排气槽排气均应与大气相通。

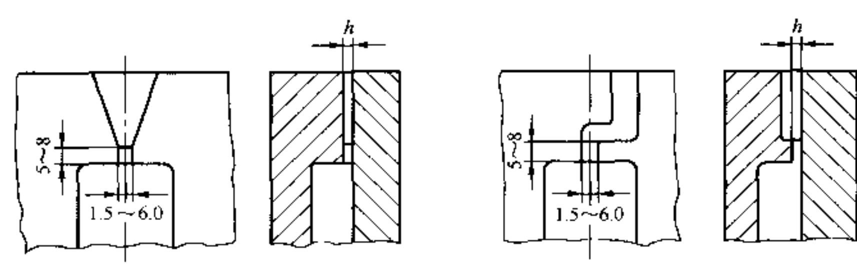


图 3.51　排气槽形式

2．引气系统的设计

排气是塑件成型的需要，而引气是塑件脱模的需要。对于大型深腔壳体类塑件，注射成型后，型腔内气体被排除，塑件表面与型芯表面之间在脱模过程中形成真空，难于脱模。若强制脱模，塑件会变形或损坏，因此，必须引入气体，即在塑件与型芯之间引入空气，使塑件顺利脱模。

常见的引气装置形式有镶嵌式侧隙引气和气阀式引气两种，如图 3.52 所示。在利用成型零件配合间隙排气的场合，排气间隙也可为引气间隙。

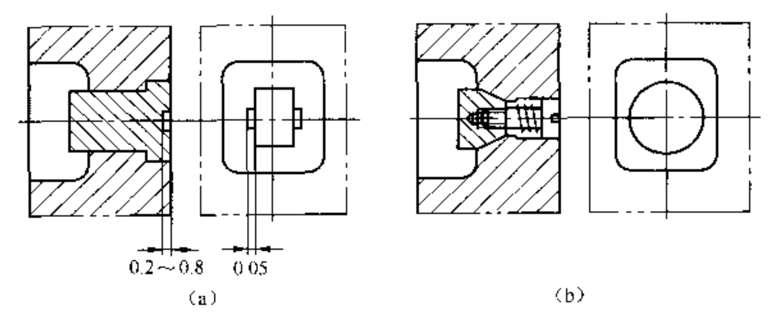


图 3.52　引气装置的形式

3.4.4　热流道注射模

热流道注射模具的主浇道和分浇道部分都设有加热器，因此可使流道中的塑料始终保持熔融状态，且不受成型周期的影响。停车后也不需要打开模具取出流道冷料，只需接通电源重新加热至适当温度即可。与绝热流道相比，它适用塑料的品种较多，同时由于分浇道中压力传递好，因此可相应降低塑料的成型温度和注射压力，这对防止塑料的热分解，降低塑料的内应力都有好处。

热流道注射模可分为下列几种。

1．单型腔热流道注射模

单型腔热流道注射模具主要采用延伸式喷嘴。为了克服井坑式喷嘴井坑中塑料易冷凝、浇口易堵塞等缺点，将井坑式喷嘴中的井坑去掉，并将注射机的喷嘴延长，使其直接与模具中的浇口部分接触，采用点浇口进料。为了避免喷嘴的热量过多地传向低温的型腔，使模具温度难以控制，必须采取有效的绝热措施，常见的有塑料绝热和空气绝热两种办法。

图 3.53 所示是几种常用的延伸式喷嘴的形式。图 3.53（a）中喷嘴前端构成模腔的一部分，模具没有浇口，喷嘴的热量直接传递到前端，并有空气隔热使喷嘴不易凝固堵塞。但是在成型的附近温度较高，可能造成塑件有缺陷，同时喷嘴和浇口套是间隙配合的，温度较高且塑料粘度较低时易造成飞边和痕迹。图 3.53（b）是锥形的延伸喷嘴，和模具的接触面积较小，传热减少，喷嘴和浇口套是压紧的，可避免图 3.53（a）中的缺点。图 3.53（c）中的喷嘴和模具没有直接接触，而是利用第一次注射的塑料进行绝热。浇口处绝热层厚度一般为 0.4mm～0.5mm，如果厚度太大则浇口容易凝固，其余部分绝热层厚度也不要大于 1.3mm～1.4mm。应该注意，绝热层塑料在注射过程中对喷嘴有较强的反推作用，因而不宜将绝热层投影面积设计过大。这种浇口与井坑式喷嘴相比，浇口不易堵塞，应用较广，由于绝热间隙存料，故不宜用于热稳定性差，容易分解的塑料。

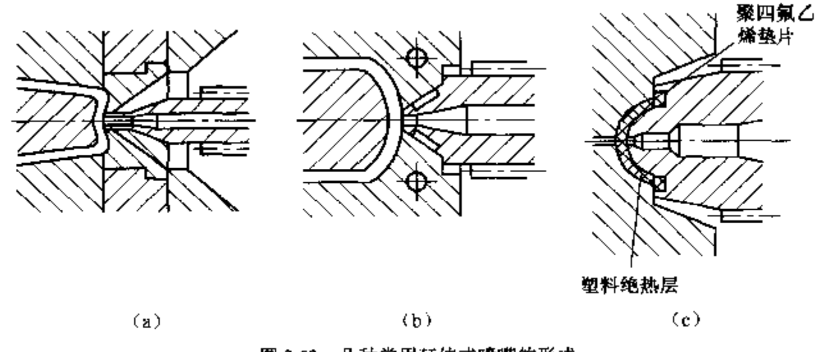


图 3.53　几种常用延伸式喷嘴的形式

2．多型腔热流道注射模

根据对分浇道加热方式的不同，多型腔热流道注射模具又可分为外加热式和内加热式。

（1）外加热式多型腔热流道注射模（见图 3.54）

外加热式多型腔热流道注射模具的结构形式较多，其共同特点是在模具内设有热流道板，主浇道和分浇道断面多为圆形，其直径约为 5mm～12mm，均在流道板内。热流道板内钻有孔，孔内插入管式加热器，使流道内的塑料始终保持熔融状态。热流道板利用绝热材料（石棉水泥板等）或利用空气间隔与模具其余部分隔热。其浇口形式有主浇道型浇口和点浇口两种，比较常用的是点浇口。为防止浇口处塑料凝固，必须对浇口部分进行绝热，根据绝热情况的不同，浇口喷嘴又分为半绝热式（见图 3.54）和全绝热式（见图 3.55）。

① 半绝热式喷嘴式型多腔热流道注射模，如图 3.54 所示。流道部分用加热器加热，喷嘴用导热性好、强度高的铍铜合金制造，以利传热。喷嘴前端与型腔外壁有一环状塑料隔热层，故称半绝热式喷嘴。

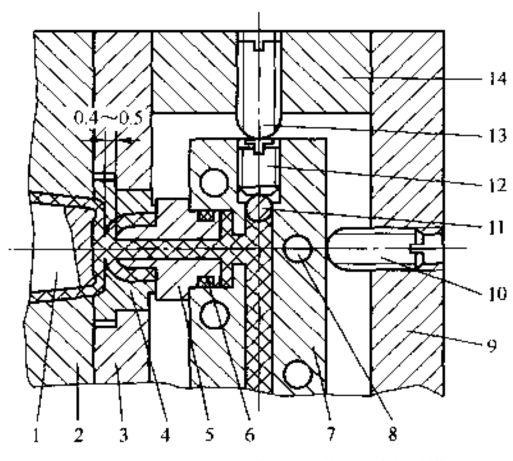


图 3.54 半绝热式喷嘴多型腔热流道注射模

1—型芯；2—定模型腔板；3—浇口板；4—浇口衬套；5—热流道喷嘴；6—胀圈；7—热流道板；8—加热孔道；9—定模座板；10—定位螺钉；11—流道密封球；12—压紧螺钉；13—定位螺钉；14—支架

② 全绝热式喷嘴多型腔注射模，如图 3.55 所示。铍铜合金做成的喷嘴不与型腔直接接触，两者通过滑动环隔离，故称全绝热式喷嘴。右图为局部放大图，浇口直径为 0.7mm，用于生产小型塑件。

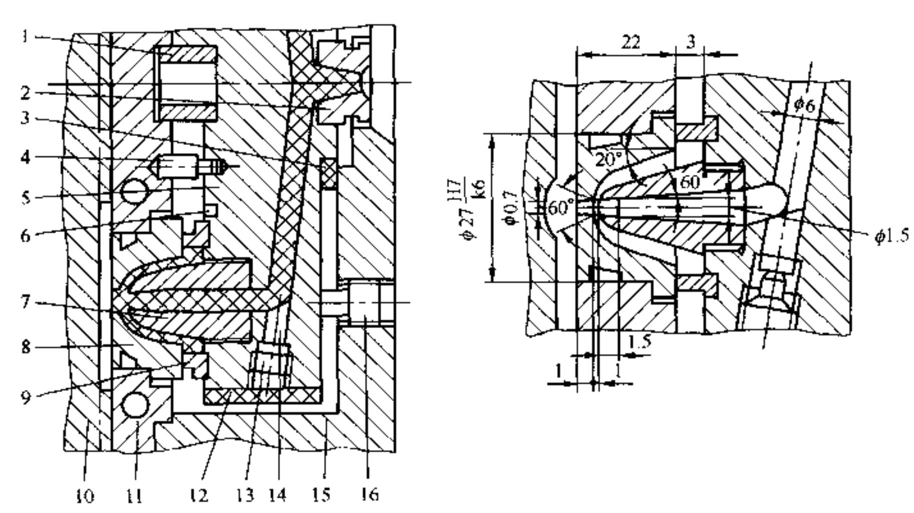


图 3.55 全绝热式喷嘴多型腔热流道注射模

1—定位环；2—主浇道衬套；3—石棉垫圈；4—支撑柱；5—热流道板；6—热电偶测温孔；7—热流道喷嘴；8—浇口衬套；9—滑动压环；10—动模板；11—定模板；12—加热圈；13—压紧螺钉；14—螺钉塞；15—定模座板；16—定位螺钉

热流道模具的一个重要问题是流道板加热之后要发生明显的热变形，在模具设计时必须给予充分考虑，留出膨胀间隙，否则由于膨胀产生的力会使模具变形、破坏或发生其他问题。最常用的方法是根据温度差异及不同的膨胀将喷嘴预偏置一段距离，而使热流道板加热膨胀后，喷嘴和浇口同心。这种方法不可能完全精确，但在许多场合是可用的，如图 3.56 所示。

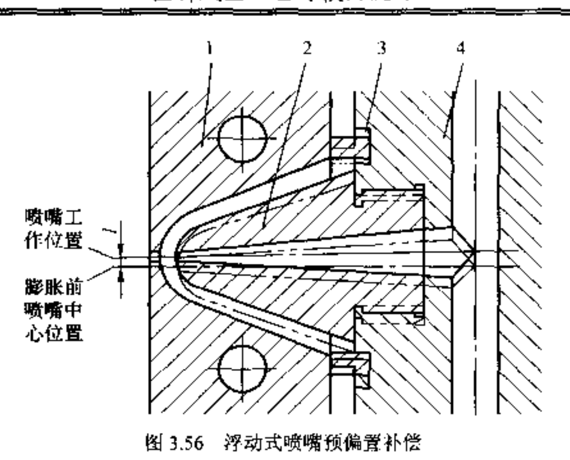


图 3.56　浮动式喷嘴预偏置补偿

1—定模板；2—热流道喷嘴；3—滑动压环；4—热流道板

（2）内加热式多型腔热流道注射模（见图 3.57）

内加热式多型腔热流道注射模具不仅浇口喷嘴部分有内加热器，而且主浇道和分浇道都采用内加热方法，因而热效率高，对节能十分有利。采用内加热式热流道大概比外加热式的热流道节省 75%的热能。

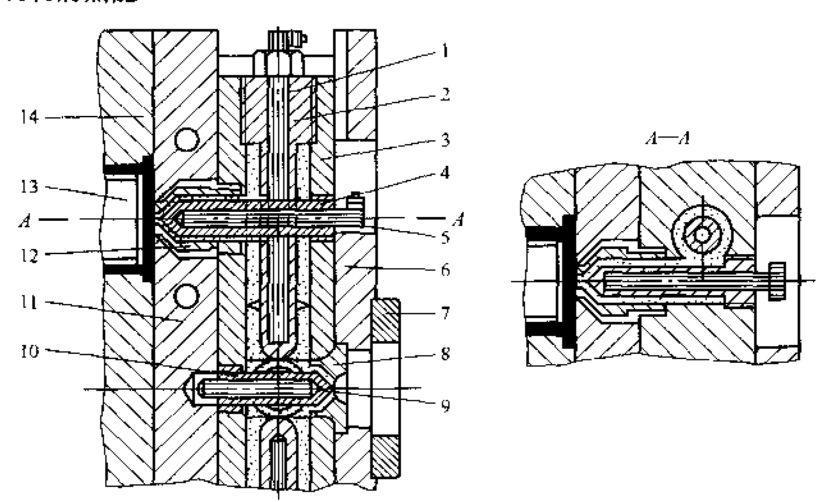


图 3.57　内加热式多型腔热流道注射模

1，5，9—管式加热器；2—分浇道鱼雷体；3—热流道板；4—喷嘴鱼雷体；6—定模座板；7—定位环；8—主浇道衬套；10—主浇道鱼雷体；11—浇口板；12—喷嘴；13—型芯；14—型腔板

3．针阀式浇口热流道注射模

在注射成型熔融粘度很低的塑料（如尼龙）时，为避免流涎现象，常采用针阀式浇口的热流道注射模，在注射和保压阶段使浇口处的针阀开启，在保压结束后将针阀关闭。针阀的启闭可以在模具上设计专门的液压或机械驱动机构，也可以采用带压缩弹簧的针阀。图 3.58 所示为单型腔弹簧针阀式浇口热流道注射模。注射时塑料产生的压力使阀芯退回，将浇口打开，阀芯后端的压缩弹簧被压缩。注射压力消除后针阀又在弹簧力的作用下，将浇口关闭。

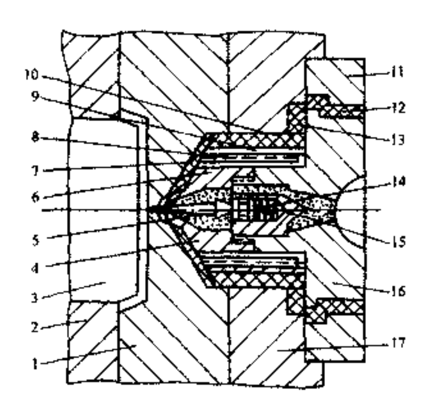


图3.58　单型腔弹簧针阀式浇口热流道注射模

1—定模型腔板；2—推板；3—型芯；4—喷嘴头；5—针阀；6—加热线圈骨架；7—隔热圈；8—加热线圈；9—绝热套骨架；10—绝热圈；11—定位环；12—绝热环；13—热垫圈；14—弹簧；15—鱼雷体；16—浇口衬套；17—定模座板

热流道注射模的结构形式很多，这里不再一一介绍。尽管它有很多优点，但有模具结构复杂，温控系统要求严格，模具成本较高，易产生烧焦或分解的缺点，因而不是对所有塑料都适用，而且也不适合小批量生产。

3.5　成型零件设计

构成模具型腔的零件统称成型零件。设计塑模的成型零件时，应根据塑件的尺寸，计算成型零件型腔的尺寸，确定型腔的组合方式，确定成型零件的机加工、热处理、装配等要求，还要对关键的部位进行强度和刚度校核。

3.5.1　型腔的结构设计

凹模是成型塑件外表面的主要零件，按结构不同可分为整体式和组合式两种结构形式。

1．整体式凹模结构

整体式凹模结构如图3.59所示，它是在整块金属模板上加工而成的，其特点是牢固、不易变形，不会使塑件产生拼接痕迹。但是由于整体式型腔加工困难，热处理不方便，所以其常用于形状简单的中、小型模具上。

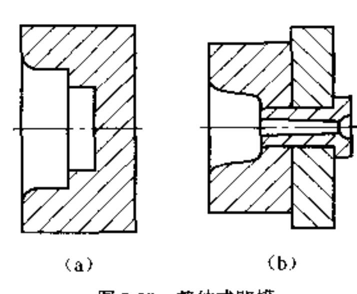


图3.59　整体式凹模

2．组合式凹模结构

组合式凹模结构是指型腔由两个以上的零部件组合而成的。按组合方式不同，组合式凹模结构可分为整体嵌入式、局部镶嵌式、底部镶拼式、侧壁镶拼式和四壁拼合式等形式。

（1）整体嵌入式凹模

整体嵌入式凹模如图 3.60 所示。小型塑件在采用多型腔模具成型时，各单个型腔采用机械加工、冷挤压、电加工等方法加工制成，然后压入模板中。这种结构加工效率高，装拆方便，可以保证各个型腔的形状尺寸一致。图 3.60（a）、（b）、（c）称为通孔台肩式，即凹模带有台肩，从下面嵌入模板，再用垫板与螺钉紧固。如果凹模镶件是回转体，而型腔是非回转体，则需要用销钉或键止转定位。图 3.60（b）采用销钉定位，结构简单，装拆方便；图 3.60（c）是键定位，接触面积大，止转可靠；图 3.60（d）是通孔无台肩式，凹模嵌入模板内用螺钉与垫板固定；图 3.60（e）是盲孔式，凹模嵌入固定板后直接用螺钉固定，在固定板下部设计有装拆凹模用的工艺通孔，这种结构可省去垫板。

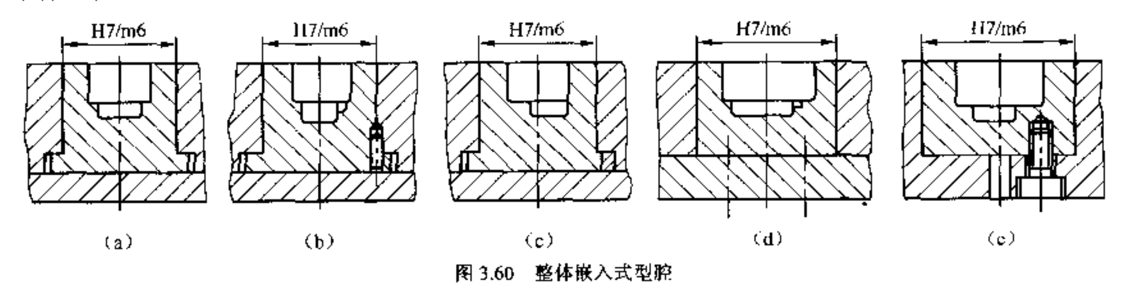


图 3.60　整体嵌入式型腔

（2）局部镶嵌式凹模

局部镶嵌式凹模如图 3.61 所示。为了加工方便或由于型腔的某一部分容易损坏，需要经常更换，应采用局部镶嵌的办法。图 3.61（a）所示的异形凹模，先钻周围的小孔，再在小孔内镶入芯棒并加工成大孔，加工完毕后把这些芯棒取出，调换型芯镶入小孔与大孔组成型腔；图 3.61（b）所示凹模内有局部凸起，可将此凸起部分单独加工，再把加工好的镶块利用圆形槽镶在圆形凹模内；图 3.61（c）是利用局部镶嵌的办法加工圆环形凹模；图 3.61（d）是在凹模底部局部镶嵌；图 3.61（e）是利用局部镶嵌的办法加工长条形凹模。

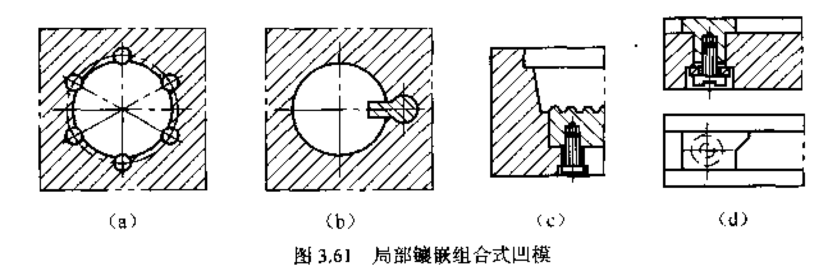


图 3.61　局部镶嵌组合式凹模

（3）底部镶拼式凹模

为了机械加工、研磨、抛光、热处理方便，形状复杂的型腔底部可以设计成镶拼式，如图 3.62 所示。图 3.62（a）所示的镶嵌形式比较简单，但结合面磨平、抛光时应仔细，以保证接合处的锐棱不能带圆角影响脱模，此外，底板还应有足够的厚度以免变形而楔入塑料；图 3.62（b）、（c）的结构制造稍麻烦，但圆柱形配合面不易楔入塑料；图 3.62（d）的结构与图 3.62（a）的结构相似，只是前者为底部台阶镶嵌，而后者为底部大块镶嵌。

（4）侧壁镶拼式凹模

侧壁镶拼式凹模如图 3.63 所示，这种结构便于加工和抛光，但是一般很少采用，这是因为

在成型时，熔融的塑料成型压力使螺钉和销钉产生变形，从而达不到产品的技术要求指标。图 3.63（a）中螺钉在成型时将受到拉伸力；图 3.63（b）中螺钉和销钉在成型时将受到剪切力。

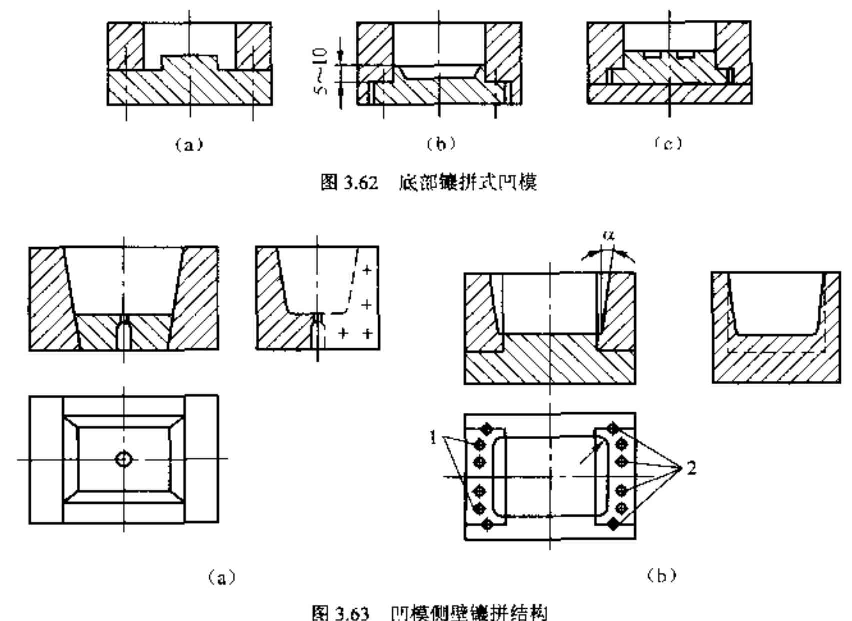


图 3.62　底部镶拼式凹模

图 3.63　凹模侧壁镶拼结构

1—螺钉；2—销钉

（5）四壁拼合式凹模

大型和形状复杂的凹模，可以把它的四壁和底板分别加工经研磨后压入模套中，如图 3.64 所示。在图 3.65 中，为了保证装配的准确性，侧壁之间采用锁扣连接，连接处外壁留有 0.3mm～0.4mm 的间隙，以使内侧接缝紧密，减少塑料的挤入。

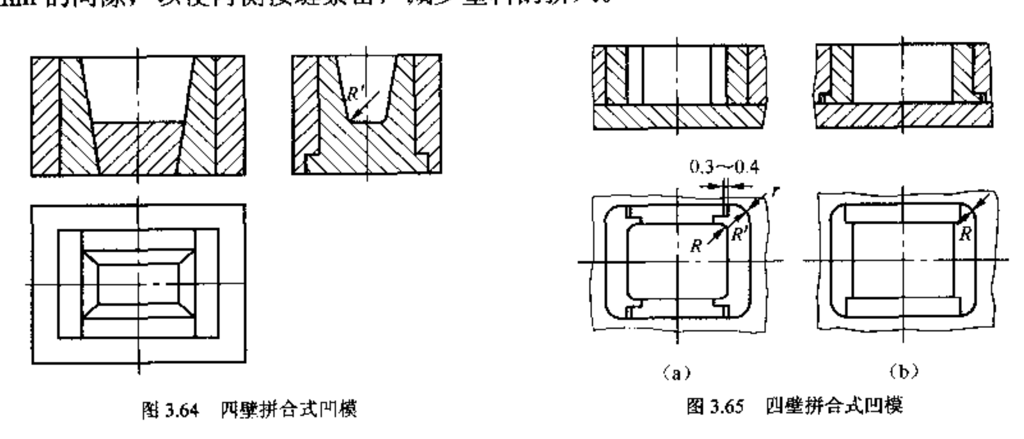


图 3.64　四壁拼合式凹模

图 3.65　四壁拼合式凹模

综上所述，采用组合式凹模，可简化复杂凹模的加工工艺，减少热处理变形，拼合处有间隙利于排气，便于模具的维修，节省贵重的模具钢。为了保证组合后型腔尺寸的精度和装配的牢固，减少塑件上的镶拼痕迹，要求镶块的尺寸、形位公差等级较高，组合结构必须牢固，镶块的机械加工工艺性要好。因此，选择合理的组合镶拼结构是非常重要的。

3.5.2 凸模和型芯的结构设计

对于结构简单的容器、壳、罩、盖之类的塑件，成型其主体部分内表面的零件称主型芯或凸模，而将成型其他小孔的型芯称为小型芯或成型杆。

1. 凸模或型芯的结构设计

凸模或型芯可分为整体式和组合式两种。

（1）整体式凸模或型芯

图 3.66（a）所示为整体式结构，其结构牢固，但不便加工，消耗的模具材料多，主要用于工艺试验或小型模具上的形状简单的型芯。

（2）组合式凸模或型芯

为了便于加工，形状复杂型芯往往采用镶拼组合式结构，图 3.66（b）、（c）、（d）所示的结构为组合式结构。这种结构是将型芯单独加工后，再镶入模板中。图 3.66（b）为螺钉紧固式结构。图 3.66（c）为盲孔式结构。图 3.66（d）为通孔台肩式，凸模用台肩和模板连接，再用垫板、螺钉紧固，连接牢固，是最常用的方法。对于固定部分是圆柱面而型芯有方向性的场合，可采用销钉或键定位。

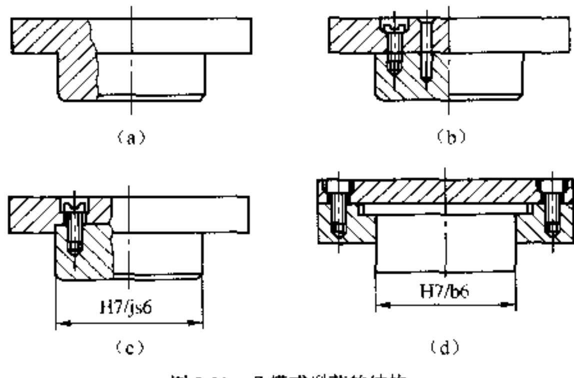


图 3.66 凸模或型芯的结构

镶拼组合式型芯的优缺点和组合式凹模的优缺点基本相同。设计和制造这类型芯时，必须注意结构合理，应保证型芯和镶块的强度，防止热处理时变形且应避免尖角与壁厚突变。图 3.67（a）中的小型芯靠得太近，热处理时薄壁部位易开裂，故应采用图 3.67（b）的结构，将大的型芯制成整体式再镶入小的型芯。在设计型芯结构时，应注意塑料的溢料飞边不应该影响脱模取件。图 3.68（a）所示结构的溢料飞边的方向与塑件脱模方向相垂直，影响塑件的取出；采用图 3.68（b）的结构，其溢料飞边的方向与脱模方向一致，便于脱模。

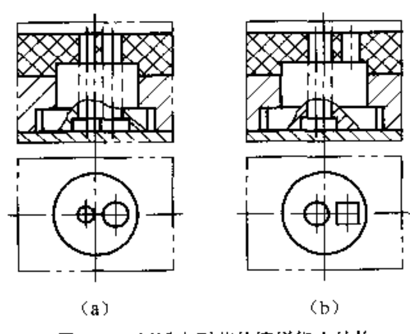


图 3.67 相近小型芯的镶拼组合结构

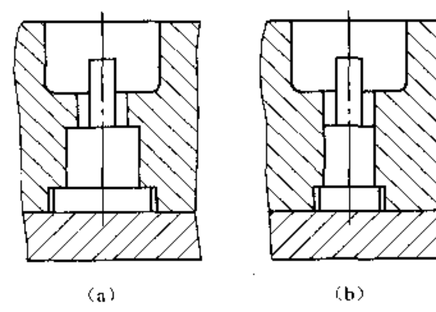


图 3.68 便于脱模的镶拼型芯组合结构

2. 小型芯的结构设计

小型芯是用来成型塑件上的小孔或槽。小型芯单独制造后，再嵌入模板中。图 3.69 所示的结构为小型芯常用的几种固定方法。图 3.69（a）是用台肩固定的形式，下面用垫板压紧；图 3.69（b）中固定板太厚，可在固定板上减少配合长度，同时细小型芯制成台阶的形式；图

3.69（c）是型芯细小而固定板太厚的形式，型芯镶入后，在下端用圆柱垫垫平；图3.69（d）是用于固定板厚而无垫板的场合，在型芯的下端用螺塞紧固；图3.69（e）是型芯镶入后在另一端采用铆接固定的形式。

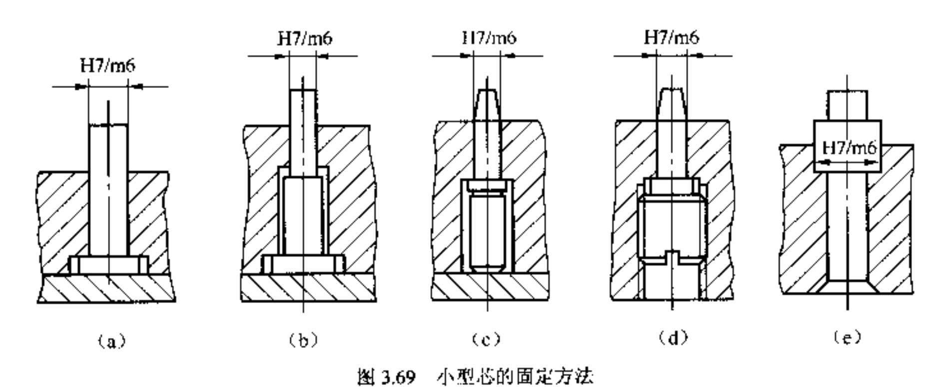


图3.69　小型芯的固定方法

对于异形型芯，为了制造方便，常将型芯设计成两段。型芯的连接固定端制成圆形，并用台肩和模板连接，如图3.70（a）所示，也可以用螺母紧固，如图3.70（b）所示。

多个互相靠近的小型芯用台肩固定时，如果台肩发生重叠干涉，可将台肩相碰的一面磨去，将型芯固定板的台阶孔加工成大圆台阶孔或长腰圆形台阶孔，然后再将型芯镶入，如图3.71（a），（b）所示。

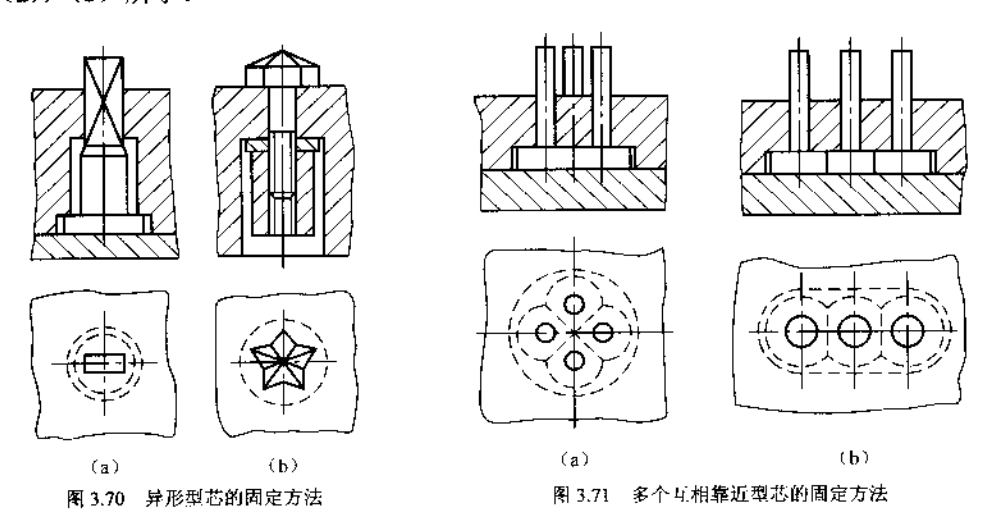


图3.70　异形型芯的固定方法

图3.71　多个互相靠近型芯的固定方法

3.5.3　螺纹型芯和螺纹型环的结构设计

螺纹型芯和螺纹型环是分别用来成型塑件上内螺纹和外螺纹的活动镶件。另外，螺纹型芯和螺纹型环也是可以用来固定带螺纹的孔和螺杆的嵌件。成型后，螺纹型芯和螺纹型环的脱卸方法有两种，一种是模内自动脱卸，另一种是模外手动脱卸。这里仅介绍模外手动脱卸的螺纹型芯和螺纹型环的结构及固定方法。

1．螺纹型芯的结构及固定方法

螺纹型芯按用途分为直接成型塑件上螺纹孔和固定螺母嵌件两种，这两种螺纹型芯在结

构上没有原则上的区别。用来成型塑件上螺孔的螺纹型芯在设计时必须考虑塑料收缩率，其表面粗糙度 Ra<0.4μm，一般应有 0.5° 的脱模斜度，螺纹始端和末端按塑料螺纹结构要求设计，以防止从塑件上拧下时拉毛塑料螺纹。固定螺母的螺纹型芯在设计时不必考虑收缩率，按普通螺纹制造即可。螺纹型芯安装在模具上，成型时要可靠定位，不能因合模振动或料流冲击而移动，开模时应能与塑件一道取出且便于装卸。螺纹型芯与模板内安装孔的配合公差为 H8/f8。

螺纹型芯在模具上安装的形式如图 3.72 所示。图 3.72（a），（b），（c）是成型内螺纹的螺纹型芯，图 3.72（d），（e），（f）是安装螺纹嵌件的螺纹型芯。图 3.72（a）是利用锥面定位和支承的形式；图 3.72（b）是利用大圆柱面定位和台阶支承的形式；图 3.72（e）是用圆柱面定位和垫板支承的形式；图 3.72（d）是利用嵌件与模具的接触面起支承作用，防止型芯受压下沉；图 3.72（e）是将嵌件下端以锥面镶入模板中，以增加嵌件的稳定性，并防止塑料挤入嵌件的螺孔中；图 3.72（f）是将小直径螺纹嵌件直接插入固定在模具上的光杆型芯上，因螺纹牙沟槽很细小，塑料仅能挤入一小段，并不妨碍使用，这样可省去模外脱卸螺纹的操作。螺纹型芯的非成型端应制成方形或将相对应着的两边磨成两个平面，以便在模外用工具将其旋下。

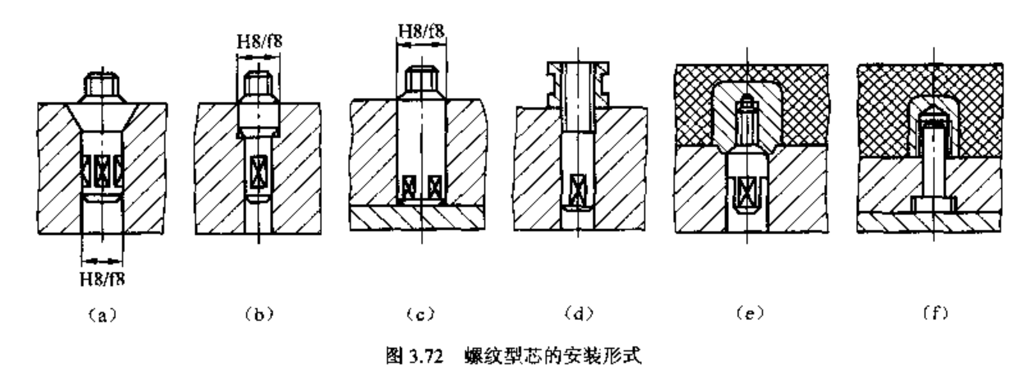


图 3.72　螺纹型芯的安装形式

图 3.73 所示的是固定在立式注射机上的上模或卧式注射机的动模部分的螺纹型芯结构及固定方法。由于合模时冲击振动较大，螺纹型芯插入时应有弹性连接装置，以免造成型芯脱落或移动，导致塑件报废或模具损伤。图 3.73（a）是带豁口柄的结构，豁口柄的弹力将型芯支撑在模具内，适用于直径小于 8mm 的型芯；图 3.73（b）中台阶起定位作用，并能防止成型螺纹时挤入塑料；图 3.73（c），（d）是用弹簧钢丝定位，常用于直径为 5mm～10mm 的型芯上；当螺纹型芯直径大于 10mm 时，可采用图 3.73（e）的结构，用钢球弹簧固定，而当螺纹型芯直径大于 15mm 时，可反过来将钢球和弹簧装置在型芯杆内；图 3.73（f）是利用弹簧卡圈固定型芯；图 3.73（g）是用弹簧夹头固定型芯的结构。

2．螺纹型环的结构及固定方法

螺纹型环常见的结构如图 3.74 所示。图 3.74（a）是整体式的螺纹型环，型环与模板的配合用 H8/f8，配合段长 3mm～5mm，为了安装方便，配合段以外制出 3°～5°的斜度，型环下端可铣削成方形，以便用扳手从塑件上拧下。图 3.74（b）是组合式型环，型环由两半拼合而成，两半中间用导向销定位；成型后，可用尖劈状卸模器楔入型环两边的楔形槽撬口内，使螺纹型环分开，这种方法快而省力，但该方法会在成型的塑料外螺纹上留下难以修整的拼

合痕迹，因此这种结构只适用于精度要求不高的粗牙螺纹的成型。

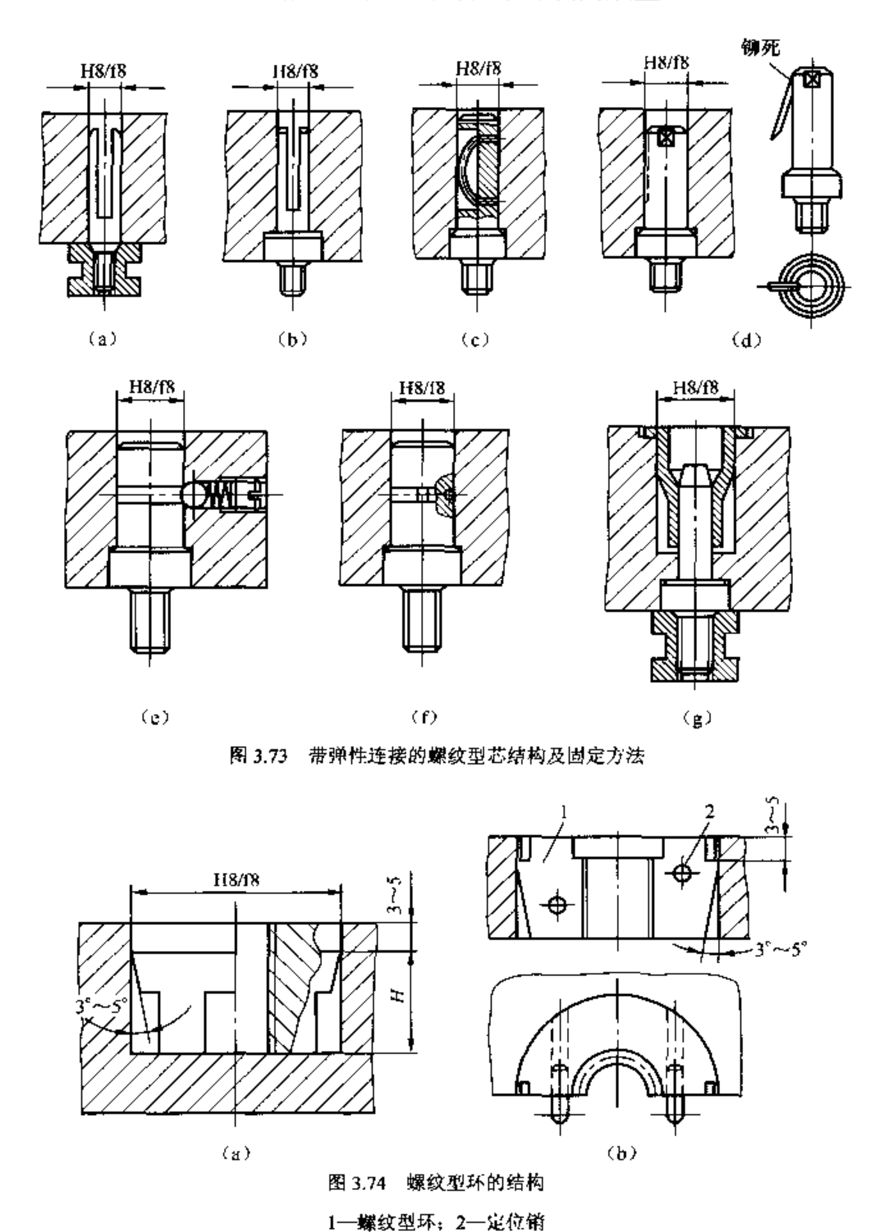


图 3.73　带弹性连接的螺纹型芯结构及固定方法

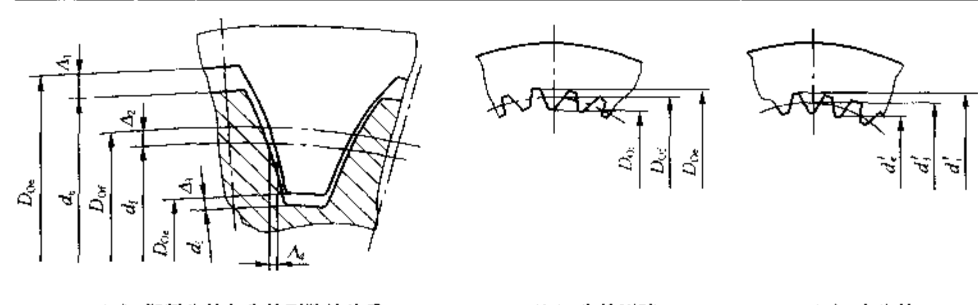
图 3.74　螺纹型环的结构

1—螺纹型环；2—定位销

3.5.4　齿轮型腔的结构设计

由于塑料都有一定的成型收缩率，因此成型塑料齿轮的模具型腔需要放大一个考虑综合收缩的尺寸。

以塑料外齿轮为例，齿轮型腔从表面来看好像是一个内齿轮，但它的齿形不同于内齿形，型腔的沟槽为塑料齿轮的齿形，它的齿形为塑料齿轮的沟槽。内齿轮的齿顶圆、齿根圆正好与齿轮型腔相反，如图 3.75 所示。

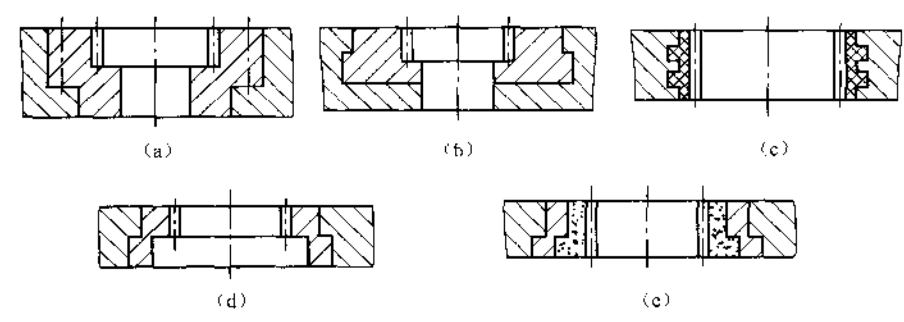


（a）塑料齿轮与齿轮型腔的关系　　（b）齿轮型腔　　（c）内齿轮

图 3.75　塑料齿轮和齿轮型腔的关系

塑料齿轮型腔加工根据设备条件、塑料性能及生产批量等因素，可选用机械切削加工、冷挤压成型、电火花加工、线切割加工、电铸加工、浇铸锌基合金、注压耐高温塑料等方法。齿轮型腔的结构因加工方法和生产批量的不同而变化。一般采用组合式齿轮型腔比较普遍，如图 3.76 所示。

图 3.76（a）的结构适用于冷挤压成型的型腔；图 3.76（b）适用于超塑合金压制而成的型腔；图 3.76（c）适用于浇铸锌基合金或注压耐高温塑料制成的型腔；图 3.76（d）适用于机械加工而成的型腔；图 3.76（e）适用于电铸加工而成的型腔。



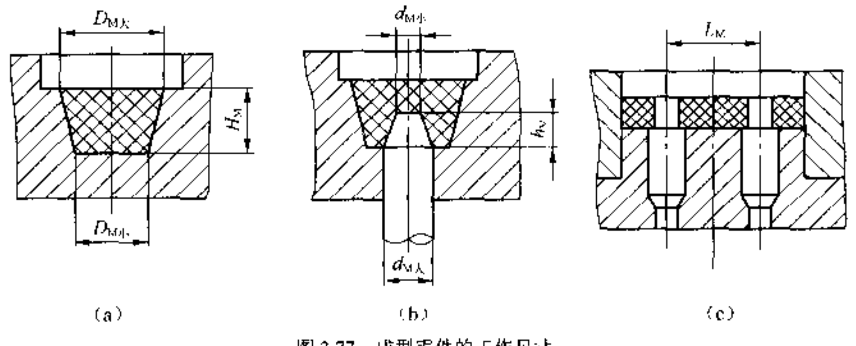
（a）　（b）　（c）

（d）　（e）

图 3.76　组合式齿轮型腔的结构

3.5.5　成型零件的尺寸计算与实例

成型零件工作尺寸是指直接用来构成塑件型面的尺寸，例如型腔和型芯的径向尺寸、深度和高度尺寸、孔间距离尺寸、孔或凸台至某成型表面的距离尺寸、螺纹成型零件的径向尺寸和螺距尺寸。如图 3.77 所示为成型零件的工作尺寸。



（a）　（b）　（c）

图 3.77　成型零件的工作尺寸

1．计算成型零部件工作尺寸要考虑的要素

影响塑件尺寸精度的因素很多，有塑料材料、塑件结构和成型工艺过程、模具结构、模具制造和装配、模具使用中的磨损等因素，其中塑料材料方面的因素主要是指收缩率的影响。在模具设计中应根据塑件的材料、几何形状、尺寸精度等级及影响因素等进行设计计算。

（1）塑件的收缩率波动

塑件成型后的收缩变化与塑料的品种、塑件的形状、尺寸、壁厚、成型工艺条件、模具的结构等因素有关，所以确定准确的收缩率是很困难的。工艺条件、塑料批号发生的变化会造成塑件收缩率的波动，其塑料收缩率波动误差为

$$\delta_S=(S_{max}-S_{min})L_S$$

式中，δ_S—塑料收缩率波动所引起的塑件尺寸误差；

S_{max}—塑料的最大收缩率，%；

S_{min}—塑料的最小收缩率，%；

L_S—塑件的基本尺寸。

实际收缩率与计算收缩率会有差异，按照一般的要求，塑料收缩率波动所引起的误差应小于塑件公差的1/3，即$\delta_S=\Delta/3$。

（2）模具成型零件的制造误差

模具成型零件的制造精度愈低，塑件尺寸精度也愈低。一般成型零件工作尺寸制造公差δ_Z取塑件公差Δ的1/3，即$\delta_Z=\Delta/3$。组合式型腔或型芯的制造公差应根据尺寸链来确定。

（3）模具成型零件的磨损

模具在使用过程中，由于塑料熔体流动的冲刷、在成型过程中可能产生的腐蚀性气体的锈蚀、脱模时塑件与模具的摩擦以及由于上述原因造成的成型零件表面粗糙度提高而需要重新打磨抛光等原因，均会造成成型零件尺寸的变化，这种变化称为成型零件的磨损。磨损的结果使型腔尺寸变大，型芯尺寸变小，磨损的大小程度与塑料的品种和模具材料及热处理有关。为简化计算，凡与脱模方向垂直的表面不考虑磨损，与脱模方向平行的表面应考虑磨损。

磨损量应根据塑件的产量、塑料的品种、模具的材料等因素来确定。生产批量小，磨损量取小值，甚至可以不考虑磨损量；热塑性塑料摩擦系数小，可取小值；模具材料耐磨性好可取小值；增强塑料如玻璃纤维等，磨损量取大值。对于中小型塑件，最大磨损量可取塑件公差的1/6，对于大型塑件应取塑件公差值的1/6以上，即$\delta_c=\Delta/6$。

（4）模具安装配合误差

模具成型零件装配误差以及在成型过程中成型零件配合间隙的变化，都会引起塑件尺寸的变化。例如，成型压力使模具分型面有胀开的趋势、动定模分型面间隙、分型面上的残渣或模板平面度，这些都对塑件高度方向尺寸有影响。活动型芯与模板配合间隙过大，则对孔的位置精度有影响。

$$\delta=\delta_Z+\delta_C+\delta_S+\delta_j+\delta_a$$

式中，δ—塑件的成型误差；

δ_Z—模具成型零件制造误差；

δ_C—模具成型零件的磨损引起的误差；

δ_S—塑料收缩率波动引起的误差；

δ_j—模具成型零件配合间隙变化误差；

δ_a—模具装配误差。

由此可见，塑件尺寸误差为累积误差。由于影响因素多，因此塑件的尺寸精度往往较低。设计塑件时，其尺寸精度的选择不仅要考虑塑件的使用和装配要求，而且要考虑塑件在成型过程中可能产生的误差，使塑件规定的公差Δ大于或等于以上各项因素引起的累积误差δ，即$\Delta \geq \delta$。

在一般情况下，收缩率的波动、模具制造公差和成型零件的磨损是影响塑件尺寸精度的主要原因。需要说明的是，并不是塑件的任何尺寸都与以上几个因素有关。例如用整体式凹模成型塑件时，其径向尺寸（或长与宽）只受δ_Z，δ_C，δ_S，δ_j的影响，而高度尺寸则受δ_Z，δ_S，δ_j的影响。另外所有的误差同时偏向最大值或同时偏向最小值的可能性是非常小的。

因收缩率的波动引起的塑件尺寸误差会随塑件尺寸的增大而增大。生产大型塑件时，由于收缩率波动对塑件尺寸公差影响较大，仅仅单靠提高模具制造精度等级来提高塑件精度是困难和不经济的，所以应稳定成型工艺条件和选择收缩率波动较小的塑料。生产小型塑件时，模具制造公差和成型零件的磨损是影响塑件尺寸精度的主要因素，因此，应提高模具制造精度等级和减少磨损。

计算模具成型零件最基本的公式为

$$L_M = L_S + L_S S$$

式中，L_M—模具成型零件在常温下的实际尺寸；

L_S—塑件在常温下的实际尺寸；

S—塑料成型的收缩率，%。

以上是仅考虑塑料收缩率时计算模具成型零件工作尺寸的公式。若考虑其他因素时，则模具成型工作尺寸的计算公式就会有不同形式。现介绍一种常用的按平均收缩率、平均磨损量和平均制造公差为基准的计算方法。从附表中可查到常用塑料的最大收缩率$S_{\max}$和最小收缩率$S_{\min}$，由此该塑料的平均收缩率为

$$S_{cp} = \frac{S_{\max} - S_{\min}}{2} \times 100\%$$

在以下的计算中，塑料的收缩率均为平均收缩率。这里首先说明，在型腔、型芯径向尺寸以及其他各类工作尺寸计算公式的导出过程中，所涉及的塑件尺寸和成型模具尺寸的标注都是按规定的标注方法标注的。凡孔都是按基孔制，公差下限为零，公差等于上偏差；凡轴都是按基轴制，公差上限为零，公差等于下偏差，如图 3.78 所示。

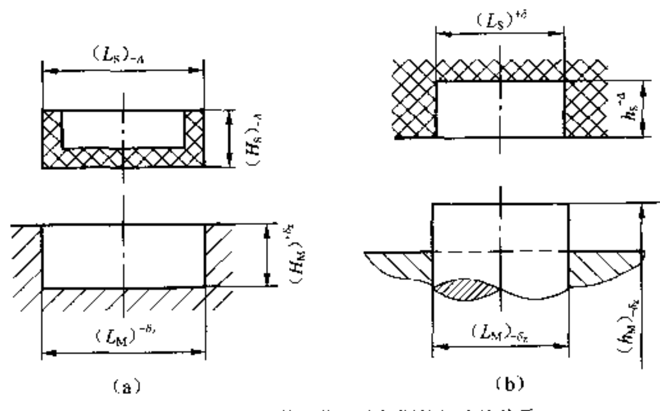


图 3.78 模具零件工作尺寸与塑件尺寸的关系

2．型腔和型芯尺寸的计算

（1）型腔径向尺寸的计算

塑件的基本尺寸为$(L_S)_{-\Delta}$，磨损量为δ_C则塑件的平均尺寸为 $L_S-\Delta/2$，模具型腔的基本尺寸为$(L_M)^{+\delta_z}$，则型腔的平均尺寸为$L_M+\delta_Z/2$。当型腔的平均磨损量为$\delta_C/2$时，考虑到平均收缩率S_{cp}，可列出如下等式：

$$L_M+\frac{\delta_Z}{2}+\frac{\delta_C}{2}=(L_S-\frac{\Delta}{2})+(L_S-\frac{\Delta}{2})S_{cp}$$

对于中小塑料制品，令$S_z=\Delta/3$，$S_c=\Delta/6$，并将比其他各项小得多的（$\Delta/2$）S_{cp}略去，则有

$$L_M=L_S+L_SS_{cp}-\frac{3}{4}\Delta$$

标注制造公差后得到模具型腔的径向尺寸为

$$L_M=(L_S+L_SS_{cp}-\frac{3}{4}\Delta)^{+\delta_z}$$

（2）型芯径向尺寸的计算

塑件的基本尺寸为$(L_S)^{+\Delta}$，磨损量为δ_C，模具型芯的基本尺寸为$(L_M)_{-\delta_z}$，经过与上面型腔径向尺寸相类似的推导，可得

$$L_M=(L_S+L_SS_{cp}+\frac{3}{4}\Delta)_{-\delta_z}$$

带有嵌件的塑件，在计算收缩率时，L_S值应为塑件外形尺寸减去嵌件外形尺寸。为了脱模方便，型腔或型芯都设计有脱模斜度。这时，计算型腔尺寸，应以大端尺寸为基准，另一端按脱模斜度相应减小；计算型芯尺寸时，应以小端尺寸为基准，另一端按脱模斜度相应增大，这样便于修模时留有余量。如果塑件使用要求正好相反，应在图上注明。

（3）型腔深度和型芯高度尺寸的计算

在计算型腔深度和型芯高度尺寸时，由于型腔的底面或型芯的端面磨损很小，所以可以不考虑磨损量，由此推出：

型腔深度公式 $$H_M=(H_S+H_SS_{cp}-\frac{2}{3}\Delta)^{+\delta_z}$$

型芯高度公式 $$h_M=(h_S+h_SS_{cp}+\frac{2}{3}\Delta)_{-\delta_z}$$

上两式中Δ=1/2～1/3，即当塑件尺寸较大、精度要求低时取小值，反之取大值。

3．中心距尺寸的计算

塑件上凸台之间，凹槽之间或凸台与凹槽之间的中心线的距离称为中心距。由于中心距的公差都是双向等值公差，同时磨损的结果不会使中心距尺寸发生变化，在计算时不必考虑磨损量。因此塑件上的中心距基本尺寸C_S和模具上的中心距的基本尺寸C_M均为平均尺寸。于是

$$C_M=C_S+C_SS_{cp}$$

标注制造公差后得 $$C_M=(C_S+C_SS_{cp})\pm\frac{\delta_Z}{2}$$

模具中心距是由成型孔或安装型芯的孔的中心距所决定的。例如，用坐标镗床加工孔时，孔轴线位置尺寸取决于机床精度，一般不会超过±0.015mm～0.02mm；用普通方法加工孔时，孔间距大，则加工误差值也大。另外，活动型芯与模板为间隙配合，配合间隙会产生波动而影响塑件中心距，这时应使间隙误差和制造误差的积累值小于塑件中心距所要求的公差，即位于$\pm\delta_Z/2$范围内。

4. 螺纹型环和螺纹型芯的工作尺寸的计算

螺纹型环的工作尺寸属于型腔类尺寸，而螺纹型芯的工作尺寸属于型芯类尺寸。由于螺纹连接的种类很多，配合性质也各不相同，影响塑件螺纹连接的因素也比较复杂，因此要满足塑料螺纹配合的准确要求是比较难的，目前尚无塑料螺纹的统一标准，也没有成熟的计算方法。

由于螺纹中径是决定螺纹配合性质的最重要参数，它决定着螺纹的可旋入性和连接的可靠性，所以计算模具螺纹大、中、小径的尺寸，均以塑件螺纹中径公差b为依据。因为螺纹中径的公差值总是小于大径和小径的公差值，所以在螺纹大径和小径计算中，螺纹型环或螺纹型芯都采用了塑件中径的公差值b，制造公差都采用了中径制造公差δ_Z，其目的是要提高模具制造精度。下面介绍普通螺纹型环和型芯工作尺寸的计算公式。

（1）螺纹型环的工作尺寸

① 大径 $$D_M=(d_S+d_S S_{cp}-b)^{+\delta_Z}$$

② 中径 $$D_{2M}=(d_{2S}+d_{2S}S_{cp}-\frac{3}{4}b)^{+\delta_Z}$$

③ 小径 $$D_{1M}=(d_{1S}+d_{1S}S_{cp}-b)^{+\delta_Z}$$

式中，D_M—螺纹型环大径基本尺寸；

D_{2M}—螺纹型环中径基本尺寸；

D_{1M}—螺纹型环小径基本尺寸；

d_S—塑件外螺纹大径基本尺寸；

d_{2S}—塑件外螺纹中径基本尺寸；

d_{1S}—塑件外螺纹小径基本尺寸；

S_{cp}—塑料平均收缩率；

b—塑件螺纹中径公差，由于目前我国尚无专门的塑件螺纹公差标，可参照金属螺纹公差标准中精度最低者选用，其值可查表 GB/T 197—81；

δ_Z—螺纹型环中径制造公差，其值可取$b/5$或查表 3.6。

表 3.6　　螺纹型环和螺纹型芯的直径制造公差（mm）

粗牙螺纹	螺纹直径	M3～M12	M14～M33	M36～M45	M46～M68
	中径制造公差	0.02	0.03	0.04	0.05
	大、小径制造公差	0.03	0.04	0.05	0.06
细牙螺纹	螺纹直径	M4～M22	M24～M52	M56～M68	
	中径制造公差	0.02	0.03	0.04	
	大、小径制造公差	0.03	0.04	0.05	

（2）螺纹型芯的工作尺寸

① 大径　$d_M = (D_S + D_S S_{cp} + b)_{-\delta_Z}$

② 中径　$d_{2M} = (D_{2S} + D_{2S} S_{cp} + \frac{3}{4}b)_{-\delta_Z}$

③ 小径　$d_{1M} = (D_{1S} + D_{1S} S_{cp} + b)_{-\delta_Z}$

式中，d_M—螺纹型芯大径基本尺寸；
d_{2M}—螺纹型芯中径基本尺寸；
d_{1M}—螺纹型芯小径基本尺寸；
D_S—塑件内螺纹大径基本尺寸；
D_{2S}—塑件内螺纹中径基本尺寸；
D_{1S}—塑件内螺纹小径基本尺寸；
b—塑件螺纹中径公差；
δ_Z—螺纹型环芯制造公差，其值可取 $b/5$ 或查表 3.6。

（3）螺纹型环和螺纹型芯的螺距工作尺寸

$$P_M = (P_S + P_S S_{cp}) \pm \frac{\delta_Z}{2}$$

式中，P_M—螺纹型环和螺纹型芯螺距；
P_S—塑件外螺纹或内螺纹螺距的基本尺寸；
δ_Z—螺纹型环和螺纹型芯的制造公差，查表 3.7。

表 3.7　螺纹型环和螺纹型芯的制造公差（mm）

螺纹直径	配合长度 L	制造公差 δ_Z
3～10	<12	0.01～0.03
12～22	12～20	0.02～0.04
24～68	>20	0.03～0.05

在螺纹型环或螺纹型芯螺距计算中，由于考虑到塑件的收缩，计算所得到的螺距带有不规则的小数，加工这种特殊的螺距很困难，可采用如下办法解决这一问题。

用收缩率相同或相近的塑件外螺纹与塑件内螺纹相配合时，计算螺距尺寸可以不考虑收缩率；当塑料螺纹与金属螺纹配合时，如果螺纹配合长度 $L_{极} \leqslant \frac{0.432b}{S_{cp}}$ 时，可不考虑收缩率；一般在小于 7～8 牙的情况下，也可以不计算螺距的收缩率，因为在螺纹型芯中径尺寸中已考虑了增加中径间隙来补偿塑件螺距的累积误差。

当螺纹配合牙数较多，螺纹螺距收缩累计误差很大时，则必须计算螺距的收缩率。加工带有不规则小数的特殊螺距的螺纹型环或型芯，可以采用在车床上配置特殊齿数的变速挂轮等方法来进行加工。

5．成型零件计算工作尺寸实例

实例 已知如图 3.79 所示的塑料制品，其材料为酚醛塑料粉，求该塑料制品压缩成型时模具工作零件尺寸。已知 $L_{1S}=\phi 48_{-0.38}^{-0.10}$ mm，$L_{2S}=\phi 18_{0}^{+0.20}$ mm，$C=33\pm 0.13$ mm，$h_{1S}=12^{+0.18}$ mm，$h_{2S}=34^{+0.26}$ mm，$H_{1S}=16_{-0.20}$ mm，$H_{2S}=34_{-0.26}$ mm，D_s 为 M8 螺孔大径，d_s 为 M27×1.5 外螺纹大径。

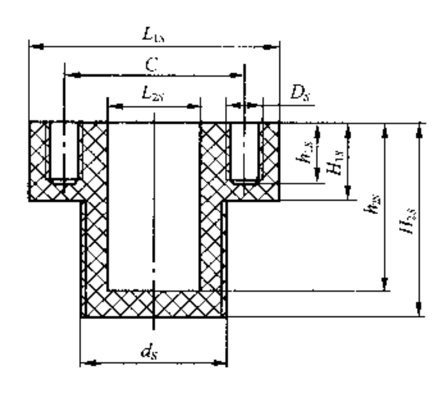


图 3.79 塑件制品

解 查表得酚醛塑料粉，其最小收缩率为 $S_{\min}=0.6\%$，最大收缩率为 $S_{\max}=1.0\%$，平均收缩率为 $S_{cp}=0.8\%$，将尺寸 $\phi 48_{-0.38}^{-0.10}$ 换算为 $\phi 47.9_{-0.28}^{0}$。

M8 为普通粗牙螺纹孔，螺距 P=1.25 mm，D_S=8mm，D_{1S}=6.65mm，D_{2S}=7.19 mm，M27×1.5 为普通细牙螺纹，螺距 P=1.5mm，d_S=27mm，d_{1S}=25.375mm，d_{2S}=26.026mm。

模具成型零件的制造公差取 $\delta_Z=\varDelta/3$。

（1）型腔尺寸

$$L_{1M}=(L_{1S}+L_{1S}S_{cp}-\frac{3}{4}\varDelta)^{+\delta_z}$$

$$=(47.9+47.9\times 0.008-0.75\times 0.28)^{+\frac{0.28}{3}}=48.07^{+0.09}\text{mm}$$

$$H_{1M}=(H_{1S}+H_{1S}S_{cp}-\frac{2}{3}\varDelta)^{+\delta_z}$$

$$=(16+16\times 0.008-0.67\times 0.20)^{+\frac{0.20}{3}}=15.99^{+0.07}\text{mm}$$

$$H_{2M}=(H_{2S}+H_{2S}S_{cp}-\frac{2}{3}\varDelta)^{+\delta_z}$$

$$=(38+38\times 0.008-0.67\times 0.26)^{+\frac{0.26}{3}}=38.13^{+0.09}\text{mm}$$

（2）型芯尺寸

$$L_{2M}=(L_{2S}+L_{2S}S_{cp}+\frac{3}{4}\Delta)_{-\delta_z}$$

$$=(18+18\times0.018-0.75\times0.20)_{-\frac{0.20}{3}}=18.29_{-0.07}\text{mm}$$

$$h_{2M}=(h_{2S}+h_{2S}S_{cp}+\frac{2}{3}\Delta)_{-\delta_z}$$

$$=(34+34\times0.08+0.67\times0.26)_{-\frac{0.26}{3}}=34.45_{-0.09}\text{mm}$$

（3）中心距尺寸

$$C_M=(C_S+C_SS_{cp})\pm\frac{\delta_Z}{2}$$

$$=(33+33\times0.008)\pm\frac{0.26/3}{2}=33.26\pm0.04\text{mm}$$

（4）螺纹型芯尺寸

① 大径　查螺纹公差标准 GB197—81 得 b=0.20mm，查表 3.6 得δ_Z=0.03mm

$$d_M=(D_S+D_SS_{cp}+b)_{-\delta_Z}$$

$$=(8+8\times0.008+0.20)_{-0.03}=8.26_{-0.03}\text{mm}$$

② 中径　查表 3.6 得δ_Z=0.02mm

$$d_{2M}=(D_{2S}+D_{2S}S_{cp}+\frac{3}{4}b)_{-\delta_Z}$$

$$=(7.19+7.19\times0.008+0.75\times0.20)_{-0.02}=7.40_{-0.02}\text{mm}$$

③ 小径　查表 3.6 得δ_Z=0.03mm

$$d_{1M}=(D_{1S}+D_{1S}S_{cp}+b)_{-\delta_Z}$$

$$=(6.65+6.65\times0.008+0.20)_{-0.03}=6.90_{-0.03}\text{mm}$$

④ 高度

$$h_{1M}=(h_{1S}+h_{1S}S_{cp}+\frac{2}{3}\Delta)_{-\delta_z}$$

$$=(12+12\times0.008+\frac{2}{3}\times0.18)_{-0.06}=12.22_{-0.06}\text{mm}$$

⑤ 螺距　查表 3.7 得δ_Z=0.02mm

$$P_M=(P_S+P_SS_{cp})\pm\frac{\delta_Z}{2}$$

$$=(1.25+1.25\times0.008)\pm\frac{0.02}{2}=1.26\pm0.01\text{mm}$$

（5）螺纹型环尺寸

① 大径　查表 3.6 得δ_Z=0.04mm

$$D_M=(d_S+d_S S_{cp}-b)^{+\delta_Z}$$

$$=(27+27\times0.008-0.20)^{+0.04}=27.04^{+0.04}\text{mm}$$

② 中径　查表 3.6 得δ_Z=0.03mm

$$D_{2M}=(d_{2S}+d_{2S}S_{cp}-\frac{3}{4}b)^{+\delta_Z}$$

$$=(26.026+26.026\times0.008-\frac{3}{4}\times0.20)^{+0.03}=26.09^{+0.03}\text{mm}$$

③ 小径　查表 3.6 得δ_Z=0.04mm

$$D_{1M}=(d_{1S}+d_{1S}S_{cp}-b)^{+\delta_Z}$$

$$=(25.375+25.375\times0.008-0.20)^{+0.04}=25.38^{+0.04}\text{mm}$$

④ 螺距　查表 3.7 得δ_Z=0.04mm

$$P_M=(P_S+P_S S_{cp})\pm\frac{\delta_Z}{2}$$

$$=(1.5+1.5\times0.008)\pm\frac{0.04}{2}=1.51\pm0.02\text{mm}$$

3.5.6　型腔、底板的强度和刚度计算

在塑料模塑过程中，型腔受到塑料熔体的高压作用，因此塑料模型腔应有足够的强度和刚度，尤其对大型模具来说更为突出。如果型腔壁厚和底板厚度不够，当型腔中产生的内应力超过型腔材料的许用应力时，型腔即发生强度破坏。与此同时，刚度不足则发生过大的弹性变形，从而产生溢料和影响塑件尺寸及成型精度，也可能导致脱模困难等。可见模具对强度和刚度要求都很高。

理论分析和实践证明，对大尺寸型腔，刚度不足是主要矛盾，应以满足刚度条件为主，对小尺寸型腔，强度不够则是主要矛盾，应以满足强度为主。强度计算的条件是满足各种受力状态下的许用应力。

刚度计算为主时，可从以下几个方面加以考虑。

首先要防止溢料。当高压塑料熔体注入时，模具型腔的某些配合面会产生足以溢料的间隙。为了使型腔不致因模具弹性变形而发生溢料，此时应根据不同塑料的最大不溢料间隙来确定其刚度条件。如尼龙、聚乙烯、聚丙烯、聚丙醛等低粘度塑料，其允许间隙为 0.025mm～0.03mm；对聚苯乙烯、有机玻璃、ABS 等中等粘度塑料为 0.05mm；对聚砜、聚碳酸酯、硬聚氯乙烯等高粘度塑料为 0.06mm～0.08mm。

其次应保证塑件精度。塑件均有尺寸要求，尤其是精度要求高的小型塑件，这就要求模具型腔具有很好的刚性，即塑料注入时不产生过大的弹性变形。最大弹性变形值可取塑件允许公差的 1/5。常见的中小型塑件公差为 0.13mm～0.25mm（非自由尺寸），因此允许弹性变形量为 0.025mm～0.05mm，可按塑件大小和精度等级选取。

最后要有利于脱模。当变形量大于塑件冷却的收缩量时，塑件的周边被型腔紧紧包住而难以脱模，强制顶出易使塑件划伤或损坏，因此型腔允许弹性变形量应小于塑件的收缩值。但是，一般来说塑料的收缩率较大，故多数情况下，当满足上述两项要求时已能满足本项要求。

型腔和底板的强度及刚度计算如下。

① 计算法　常用圆形和矩形凹模壁厚及底板厚度的计算公式，综合列于表 3.8。

② 查表法　型腔壁厚的计算比较复杂且繁琐，为了简化模具设计，一般采用经验数据或查有关表格。

表 3.8　　型腔和底板厚度的计算公式

类型		图	部位	强度计算	刚度计算
圆形凹模	整体式		侧壁	$S_{强} = r\left(\sqrt{\frac{[\sigma]}{[\sigma]-2p}}-1\right)$	$S_{刚} = r\left\{\sqrt{\frac{\frac{Ee_{许}}{rp}-(\mu-1)}{\frac{Ee_{许}}{rp}-(\mu+1)}}-1\right\}$
			底板	$h_{强} = \sqrt{\frac{3pr^2}{[\sigma]}}$	$h_{刚} = \sqrt[3]{\frac{0.1758pr^4}{Ee_{许}}}$
	组合式		侧壁	$S_{强} = r\left(\sqrt{\frac{[\sigma]}{[\sigma]-2p}}-1\right)$	$S_{刚} = r\left\{\sqrt{\frac{\frac{Ee_{许}}{rp}-(\mu-1)}{\frac{Ee_{许}}{rp}-(\mu+1)}}-1\right\}$
			底板	$h_{强} = \sqrt{\frac{1.22pr^2}{4[\sigma]}}$	$h_{刚} = \sqrt[3]{\frac{0.74pr^4}{Ee_{许}}}$
矩形凹模	整体式		侧壁	$S_{强} = \sqrt{\frac{6M}{[\sigma]}}$	$S_{长} = \sqrt[3]{\frac{cpH_1^4}{Ee_{许}}}$
			底板	$h_{强} = \sqrt{\frac{6M}{[\sigma]}}$	$h_{刚} = \sqrt[3]{\frac{c'pH_1^4}{Ee_{许}}}$

续表

类型		图	部位	强度计算	刚度计算
矩形凹模	组合式		侧壁	$S_{强}=\sqrt{\dfrac{pH_1l^2}{2H[\sigma]}}$	$S_{刚}=\sqrt[3]{\dfrac{pH_1l^4}{32EHe_{许}}}$
			底板	$h_{强}=\sqrt{\dfrac{3pbl^2}{4B[\sigma]}}$	$h_{刚}=\sqrt[3]{\dfrac{5pbl^4}{32EBe_{许}}}$

注：（1）表中所列各公式中

$S_{强}$—按强度计算的型腔侧壁厚度（mm）；　$S_{刚}$—按刚度计算的型腔侧壁厚度（mm）；

$h_{强}$—按强度计算的底板厚度（mm）；　$h_{刚}$—按刚度计算的底板厚度（mm）；

r—型腔内半径（mm）；　σ—许用应力（Pa）；

P—型腔内熔融塑料的压力（Pa）；　E—弹性模量（Pa）；

$e_{许}$—许用变形量（mm）；　μ—泊松比；

H_1—型腔深度（mm）；　l—型腔侧壁长边长度（mm）；

H—型腔侧壁总高度（mm）；　b—底板受压宽度（mm）；

B—底板总宽度（mm）；　M—最大弯矩（N·m）。

表 3.9　　**系数 c**

H_1/S	l/H_1	c	H_1/S	l/H_1	c
0.3	3.33	0.930	0.9	1.1	0.045
0.4	2.5	5.70	1.0	1.0	0.031
0.5	2.	0.330	1.2	0.832	0.015
0.6	1.66	0.188	1.5	0.667	0.0063
0.7	1.43	0.177	2.0	0.5	0.002
0.8	1.25	0.073			

注：（1）系数 c 与 c' 分别查表 3.9 及表 3.10。

表 3.10　　**系数 c'**

l/b	c'	l/b	c'	l/b	c'
1.0	0.0138	1.4	0.0226	1.8	0.0267
1.1	0.0164	1.5	0.0240	1.9	0.0272
1.2	0.0188	1.6	0.0251	2.0	0.0277
1.3	0.0209	1.7	0.0260		

3.6　侧向分型与抽芯机构设计

3.6.1　侧向分型与抽芯机构的工作原理

一般塑件的脱模方向都与开闭模方向相同。但是，有些塑件侧面带有凸台或凹槽，脱模方向与开闭模方向不一致，这就阻碍了塑件的侧凸凹脱模。因此，必须考虑使用塑件侧凸凹与抽芯机构等来解决脱模问题。

侧凸凹脱模与抽芯机构的功能主要是：在一定时间内使侧凸凹成型件能准确地进行脱模，并保证成型件的壁厚和变形符合要求。当前最常用的是斜导柱侧向分型与抽芯机构，其工作原理是利用斜导柱等传动零件，把垂直的开模运动传递给侧向瓣合模块或侧向型芯，使之产生侧向运动而完成分型或抽芯动作，工作原理如图3.80所示。

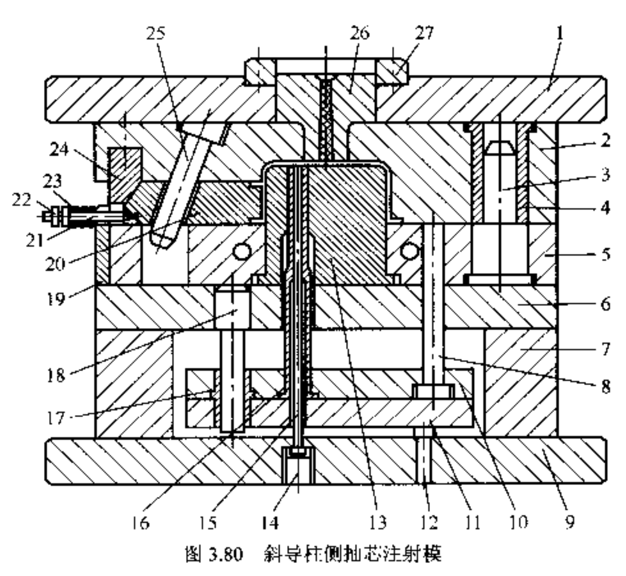


图3.80　斜导柱侧抽芯注射模

1—定模固定板；2—定模型板；3—导柱；4—导套；5—动模型板；6—垫板；7—支承块；8—复位杆；9—动模固定板；10—顶杆固定板；11—顶杆垫板；12—支承钉；13—凸模；14—螺丝堵；15—型芯；16—顶管；17—顶板导套；18—顶板导柱；19—挡块；20—活动型芯；21—滑块拉杆；22—螺母；23—弹簧；24—锁紧楔；25—斜导柱；26—浇口套；27—定位环

3.6.2　侧向分型与抽芯机构分类

根据成型件的结构、形状和复杂程度及技术要求可将侧向分型与抽芯机构分为内侧分型与抽芯机构和外侧分型与抽芯机构两大类。若根据动力来源不同，可分为机动、液压（气动）及手动等三大类。

1．机动式

利用注射机的开模运动改变其运动方向，使模具侧向脱模或把侧向型芯从塑件中抽出，机构虽比较复杂，但操作方便，生产率高，目前在生产中应用最多。根据传动零件的不同，这类机构可分为斜导柱式、弯销式、斜滑块式和齿轮齿条式等许多不同类型，尤其斜导柱式

为最常用，如图 3.80 所示。

2．液压（气动）式

如图 3.81 所示，利用液压力或压缩空气，通过机构中的传动零件使模具侧向脱模或把侧型芯从塑件中抽出。这种结构的抽拔力和抽芯距都较大，使用方便。活动型芯容易受到型腔压力作用而产生移动，在直接用油压克服型腔压力锁住活动型芯时，应考虑要有自锁装置。抽芯机构宜采用独立的供油系统。如果利用注射机工作油路给压力油，则由于注射压力开始时抽芯液压缸的油压低于型腔内的压力，所以在抽芯机构油路和机器工作油路之间应增加稳压阀，以保证整个工作期间抽芯液压缸有足够的油压。

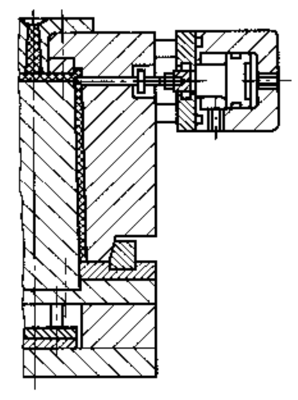
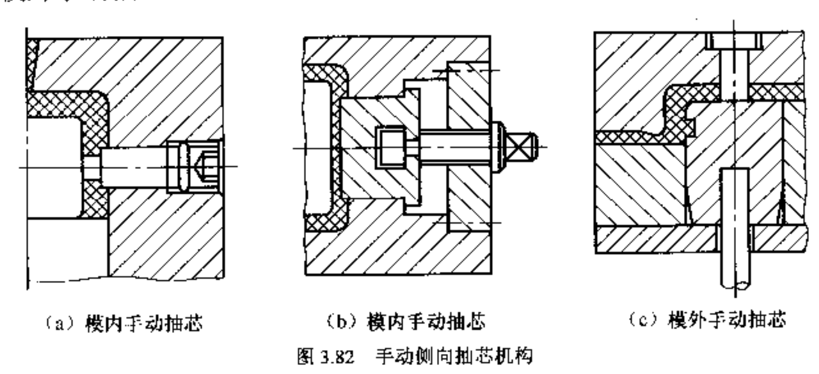


图 3.81　液压式抽芯机构

3．手动式

手动式侧向抽芯机构利用人力，操作不方便，劳动强度大，生产率低，但模具结构简单，加工制造成本低，适用于新产品试制或小批量生产。图 3.82（a）、（b）为模内手动抽芯，图 3.82（c）为模外手动抽芯。



（a）模内手动抽芯　　（b）模内手动抽芯　　（c）模外手动抽芯

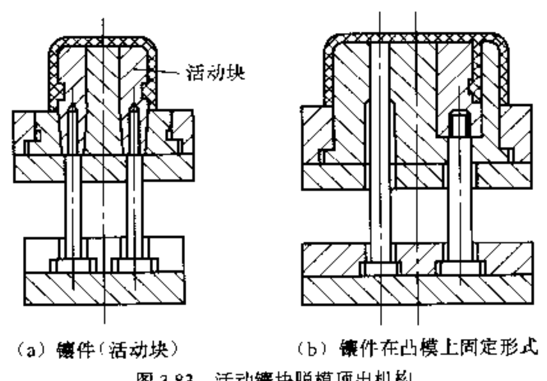
图 3.82　手动侧向抽芯机构

3.6.3　机动式结构类型

1．内侧抽芯机构

（1）活动镶块脱模顶出机构

如图 3.83 所示，图（a）中顶杆推出镶块，镶块和塑件同时脱模，然后取下塑件；图（b）中镶件固定在凸模上，顶出动作完成后将塑件取下。

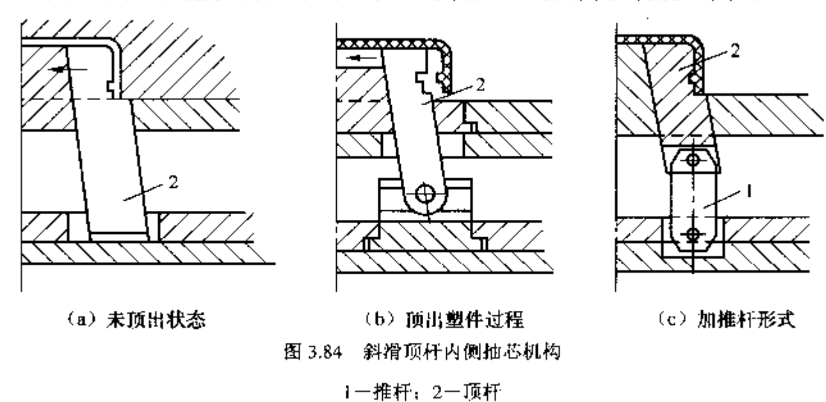


（a）镶件（活动块）　　（b）镶件在凸模上固定形式

图 3.83　活动镶块脱模顶出机构

（2）斜滑顶杆内侧抽芯机构

如图 3.84 所示，由于有型板斜孔导向，顶出时顶杆上端向内移动脱出侧凸凹，同时顶出塑件。



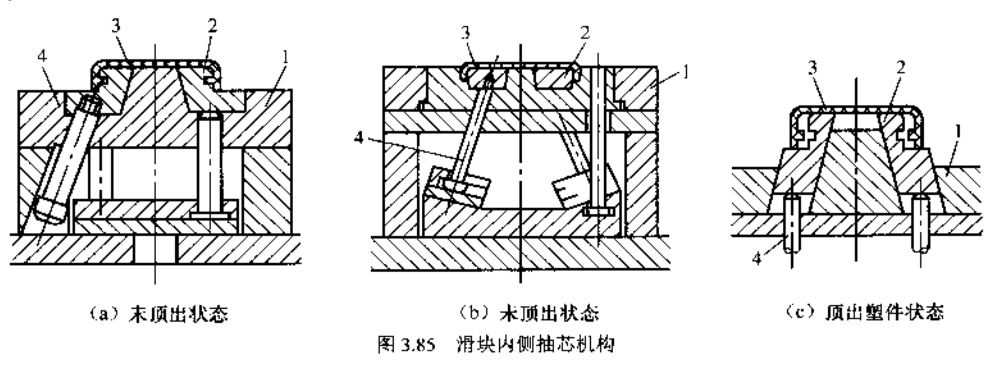
（a）未顶出状态　（b）顶出塑件过程　（c）加推杆形式

图 3.84　斜滑顶杆内侧抽芯机构

1—推杆；2—顶杆

（3）滑块内侧抽芯机构

如图 3.85 所示，顶出时两侧活动型芯由于型板斜孔导向，向内移动脱出侧凸凹，同时顶出塑件。



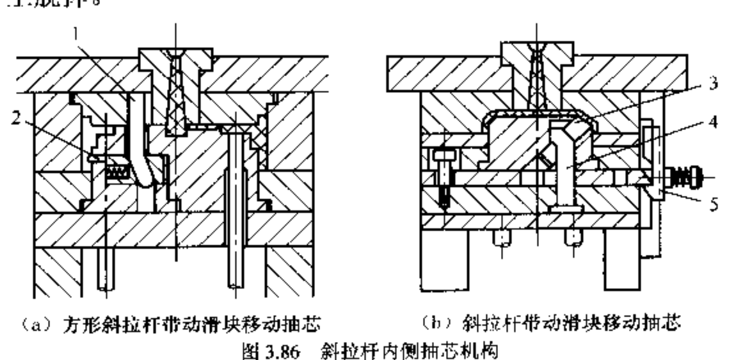
（a）未顶出状态　（b）未顶出状态　（c）顶出塑件状态

图 3.85　滑块内侧抽芯机构

1—动模板；2—斜滑块；3—塑件；4—顶杆

（4）斜拉杆内侧抽芯机构

如图 3.86 所示，图（a）在开模时利用方形斜拉杆 1，带动滑块 2 移动型芯，分型后顶出塑件。图（b）开模时利用斜拉杆 4 带动滑块移动抽芯，然后解脱定距分型装置 5，由脱件板把塑件从型芯 3 上脱掉。



（a）方形斜拉杆带动滑块移动抽芯　（b）斜拉杆带动滑块移动抽芯

图 3.86　斜拉杆内侧抽芯机构

1—方形斜拉杆；2—滑块；3—型芯；4—斜拉杆；5—定距分型装置

（5）斜导柱内侧抽芯机构

如图 3.87 所示，开模时，斜导柱带动滑块移动使内侧抽芯，分型后顶出塑件。

2．外侧分型与抽芯机构

（1）滑轮顶杆式外侧顶出脱模机构

如图 3.88 所示，顶出时由滑轮顶杆沿倾斜方向移动，而使外侧凸凹脱开，它适用于抽拔力和抽芯距较小的塑件。

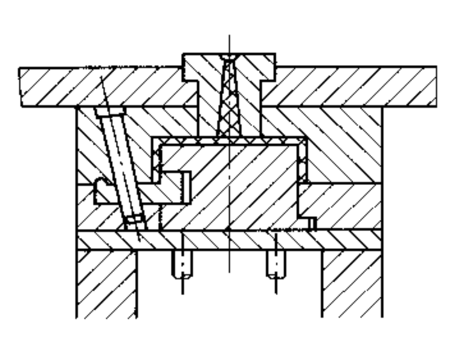


图 3.87　斜导柱内侧抽芯机构

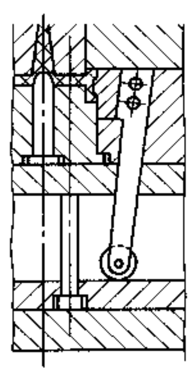


图 3.88　滑轮顶杆式外侧顶出脱模机构

（2）斜导柱滑块式抽芯机构

如图 3.89 所示，结构简单，安全可靠。在开模时，滑块在斜导柱的作用下移动做抽芯动作。

（3）斜滑板滑块式抽芯机构

如图 3.90 所示，开模时，滑块在斜滑板作用下移动抽芯。它适用于抽芯距比较大或需要先分型到一定距离再开始抽芯脱模的结构中。

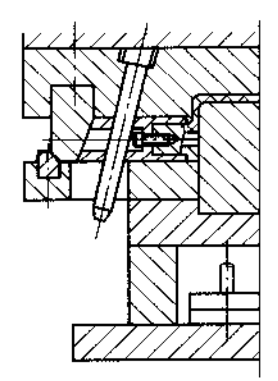


图 3.89　斜导柱滑块式抽芯机构

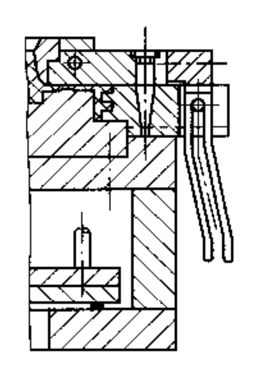


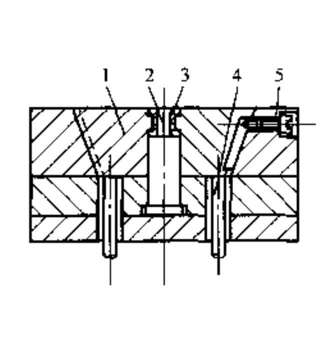
图 3.90　斜滑板滑块式抽芯机构

（4）斜滑块式分型抽芯机构

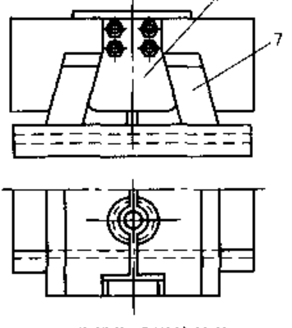
如图 3.91 所示，由顶杆推出斜滑块 1，在滑块分型的同时将塑件 3 带出型芯。

（5）弹簧式外侧抽芯机构

如图 3.92 所示，在定模上装弹簧，闭模时滚轮压紧侧型芯，开模时侧型芯由于弹簧作用随滚轮后退，抽出型腔。



（a）斜滑块式结构



（b）分模楔式滑块结构

图 3.91 滑块式分型抽芯机构

1—斜滑块；2—型芯；3—塑件；4—顶杆；5—定位螺钉；6—分模楔；7—滑块

滚轮

图 3.92 弹簧式外侧抽芯机构

3.6.4 抽芯距和抽拔力的计算

对于有侧凸凹的塑件，常用斜导柱及斜滑块式侧向分型与抽芯机构，在进行设计时，需作以下计算。

1．抽芯距 S

抽芯距指将侧向型芯或侧向瓣合模块从成型位置抽到不妨碍塑件取出的位置所需的空间距离，即型芯（滑块）移动的最小距离。一般抽芯距等于型孔深度再加 2mm～3mm，即 $S=S_2+(2\sim3)$（mm），S—抽芯距；S_2—型孔深度。

但是，当侧向型芯或瓣合模块脱出侧凸凹以后，其几何位置还有碍于塑件脱模的情况时，其抽芯距不能简单地依靠这种方法确定，需根据具体成型件的形状和结构尺寸的计算来决定。当成型如图 3.93 所示圆形骨架塑件时，$S=S_1+(2\sim3)$(mm)

$S_1=\sqrt{R^2-r^2}$ (mm)

式中，S—抽芯距，mm；

S_1—有效的抽芯距，mm；

R—骨架塑件台肩半径，mm；

r—骨架塑件圆筒外圆半径，mm。

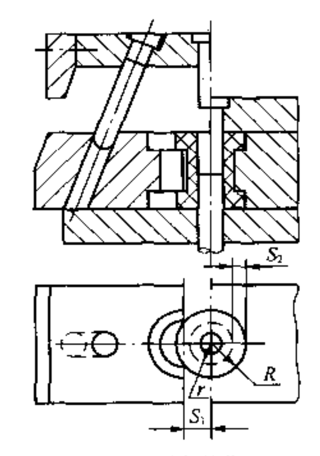


图 3.93 线架抽芯距

2．抽拔力

塑件在模腔内冷却收缩时逐渐对型芯包紧，产生包紧力。因此，抽拔力必须克服包紧力和由于包紧力而产生的摩擦阻力，在开始脱模的瞬间所需抽拔力为最大。影响脱模力的因素要考虑周到较为困难，在生产实际中常常只考虑主要因素，按下式进行计算：

$$F_t=Ap(\mu\cos\alpha'-\sin\alpha')$$

式中，F_t—抽拔力，N；

A—活动型芯被塑件包紧包络面积，mm^2；

p—单位面积的挤压力，一般制品模内冷却取 19.6MPa；制品模外冷却取 3.92MPa；

μ—摩擦系数取 0.1～0.3；

α' —脱模斜度，°。

3.6.5 斜导柱侧向分型与抽芯机构

斜导柱分型抽芯机构由斜导柱、侧滑块、锁紧楔及滑块定位装置所组成，如图 3.80 所示。

1. 斜导柱

斜导柱主要用作驱动活动型块件的开闭运动。

（1）斜导柱的结构与安装配合

斜导柱头部可做成半球或锥台形，如图 3.94 所示。为了减小斜导柱与滑块斜孔之间的摩擦与磨损，在斜导柱外圆周上可铣出两个对称平面。斜导柱的表面粗糙度 Ra 小于 0.63μm～1.25μm。斜导柱与其固定板采用过渡配合 H7/m8 连接。斜导柱与滑块斜孔之间可采用较松间隙配合（如 H11/b11），或在二者之间保留 0.5mm～1mm 以上的间隙，甚至当分型抽芯有延时要求时，可以放大到 1mm 以上。

（2）斜导柱的角度α

如图 3.95 所示，斜导柱角度α与开模所需的力、斜导柱所受的弯曲力、实际能得到的抽拔力及开模行程等有关。α大时，所需抽拔力增大，因而斜导柱所受的弯曲力也应增大，故希望α角度小些为好。但当脱模距一定时，α角度小则使斜导柱工作部分及开模行程加大，降低斜导柱刚性。因此斜角α的确定要适当兼顾脱模距及斜导柱所受弯曲力。根据生产实际经验证明，斜角α值一般不得大于 25°，通常采用 15°～20°。

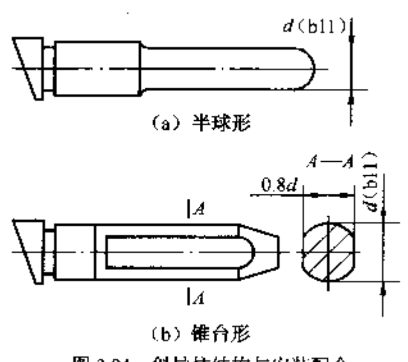


图 3.94 斜导柱结构与安装配合

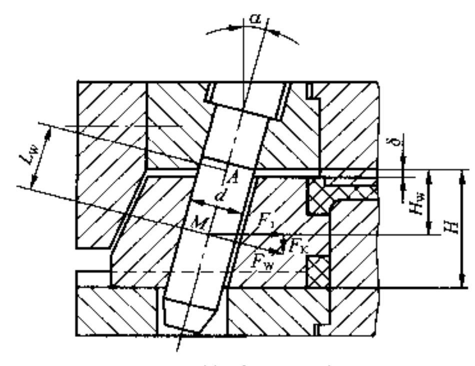


图 3.95 斜导柱抽芯工作图

（3）斜导柱直径的确定

斜导柱的直径决定于所需承受的弯曲力，而弯曲力又决定于抽拔力和斜导柱的斜角及工作长度。根据如图 3.96 中斜导柱受力状态的分析，可按下式计算：

$$d=\sqrt{\frac{P_2H_1}{\sigma_{弯}\cos\alpha\times 0.1}}$$

$$P_2=P_1/\cos\alpha=P_3\sin\alpha$$

式中，d—斜导柱直径，mm；

$\sigma_{弯}$—斜导柱的抗弯强度，Pa；

α—斜导柱斜角，°；

H_1—P_2 力与 A 点的距离在水平方向的投影，cm；

P_1—斜导柱的抽拔力，N；

P_2—斜导柱所受弯曲力，N；

P_2' —P_2 的反作用力，斜导柱作用于滑块的正压力，N；

P_3—实际所需开模力，N；

L—弯曲距离。

（4）斜导柱长度的计算

斜导柱长度根据图 3.97 所示，按下式进行计算。

$$L=L_1+L_2+L_3+L_4=\frac{h}{\cos\alpha}+\frac{s}{\sin\alpha}+\frac{1}{2}D\mathrm{tg}\,\alpha+(5\sim10)\quad(\mathrm{mm})$$

$$L_6=L_4-L_5$$

$$L_4=5\sim10$$

$$L_5=\frac{1}{2}d\mathrm{tg}\,\alpha$$

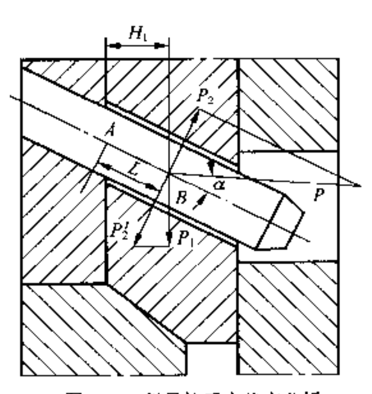


图 3.96　斜导柱受力状态分析

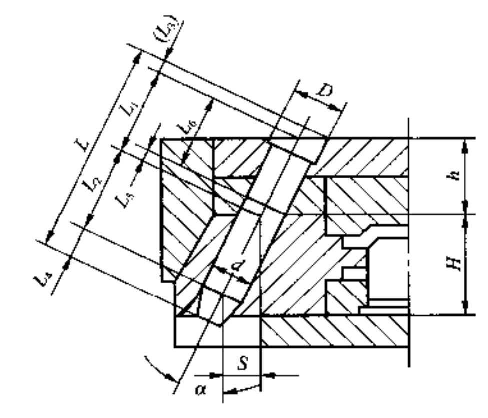


图 3.97　斜导柱各尺寸关系

（5）斜导柱材料及热处理

斜导柱多用 45 钢或碳素工具钢，也可用 20 钢渗碳，热处理硬度≥55HRC。

（6）斜导柱常用尺寸（见表 3.11）

2．滑块

（1）滑块与侧型芯（或成型镶块）的连接

滑块是斜导柱抽芯机构中的重要零部件，它上面安装有侧型芯或成型镶块，抽芯的可靠性由它的运动精度来保证。滑块的结构形状可以根据具体塑件和塑模结构灵活设计，既可与型芯做成一个整体，也可采用组合式装配结构。整体式结构多用于型芯较小和形状简单的场合，采用组合式结构可以节省优质钢材（型芯用钢一般比滑块用钢要求高），并使加工变得比较容易。常见的滑块与侧型芯的连接方式如图 3.98 所示，图（a）采用型芯嵌入滑块的方法连接；图（b）为了提高型芯强度，适当加大了型芯嵌入部分的尺寸，并用两个骑缝销钉固定；图（c）采用燕尾式连接，适于侧型芯较大的场合；图（d）适用于小型芯，侧型芯尾部可加粗；图（e）适用于薄片型芯，采用通槽嵌装和销钉紧固；图（f）适用于多型芯场合，各型芯采用压板固定。

表 3.11　　　　斜导柱常见尺寸（mm）

简　　图	公称直径 d		D	H	斜导柱固定孔公差
	尺　寸	公　差			
	12	+0.019 +0.007	17	10	+0.019 0
	15		20	12	
	20	+0.023 +0.008	25	15	+0.023 0
	25		30		
	30	+0.027 +0.009	35	20	+0.027 0
	35		40		
	40		45	25	

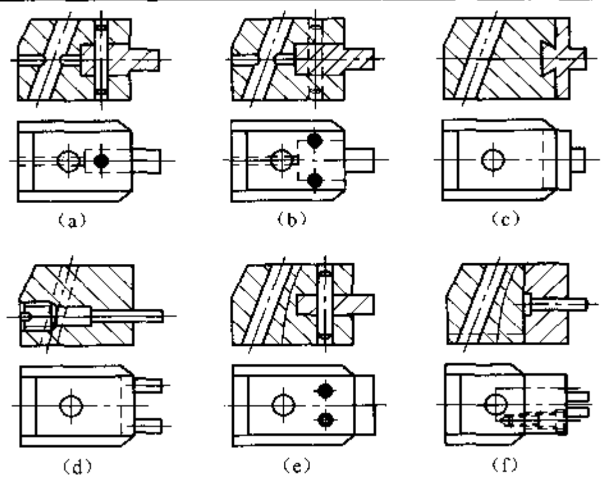


图 3.98　滑块与侧型芯（或成型镶块）的连接

（2）滑槽结构与滑块的配合

侧向抽芯过程中，滑块必须在滑槽内运动，并要求运动平稳且具有一定精度。

常用的几种滑槽结构如图 3.99 所示。图（a）结构比较紧凑，多用于小型塑模并具有抽芯机构，但加工困难，不容易保证精度；图（f）采用燕尾槽形式更难加工，但导滑精度高；图（b）和（c）最常用，图（b）由 2 条镶块组成滑槽，导滑部分容易磨削加工，精度也容易保证，图（c）除具有图（b）的特点外，装配也比较方便；图（d）导滑部分设在中间的镶块上，可减少导滑加工；图（e）导滑部分设在滑块中部，适用于滑块上下方均无支承的场合。

（3）滑块与滑槽

① 滑块完成抽拔动作后，其滑动部分仍应有全部或部分长度留在滑槽内。滑块的滑动配合长度通常要大于滑块宽度的 1.5 倍，而且保留在滑槽内的长度不应小于这个数值的 2 / 3 。否则，滑块开始复位时容易倾斜，甚至损坏模具。如果模具尺寸较小，为了保证滑槽长度，

可以把滑槽局部加长伸出模外，如图 3.100 所示。

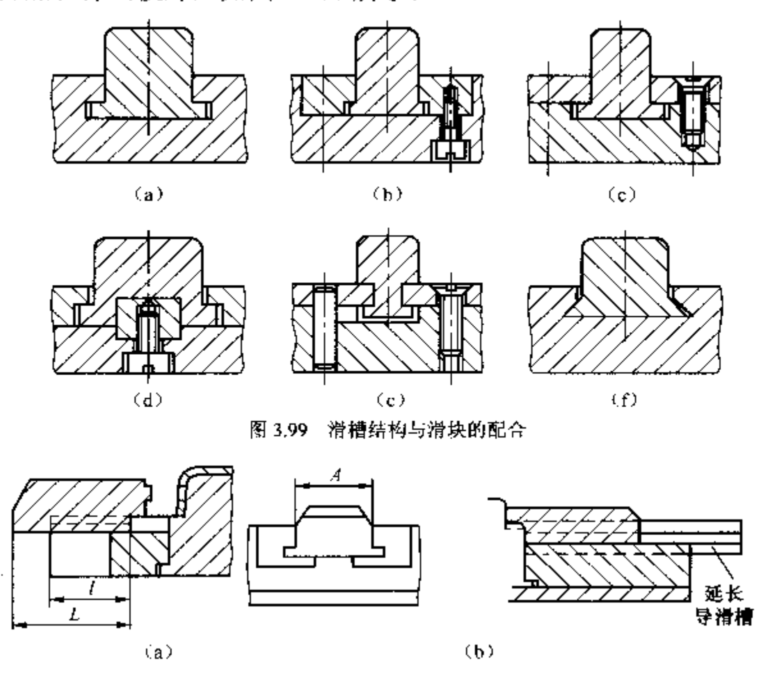


图 3.99　滑槽结构与滑块的配合

图 3.100　滑块的导滑形式

② 滑槽对滑块的导滑部位采用间隙配合，配合精度可选用 H8/g7 或 H8/h8，其他各处均应留有间隙。滑块的滑动部分和滑槽导滑面的表面粗糙度 *Ra* 均应小于 0.63μm～1.25μm。

（4）滑块斜孔与斜导柱的配合

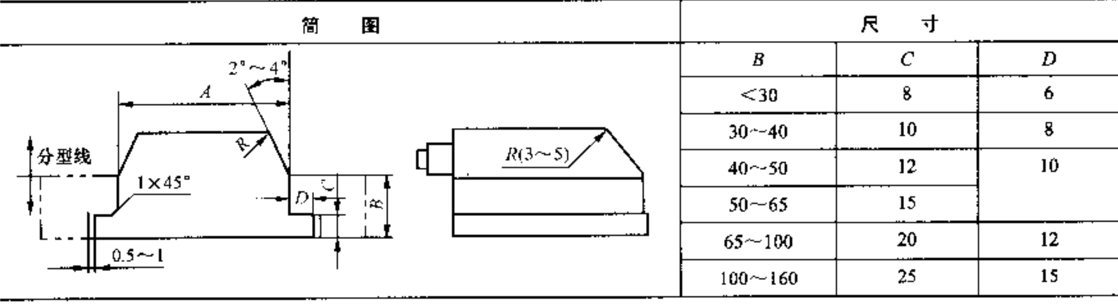
斜导柱与滑块斜孔之间的单边应留有≥0.5mm 的间隙，用以保证在开模瞬间有一较小的空程，使塑件在侧型芯未抽出之前强制脱出型腔或型芯，并使滑块的锁紧楔先脱开，以免干涉斜导柱开模。

（5）滑块与导滑槽的材料

滑块可用 45 钢或碳素工具钢制造，导滑部分要求硬度≥40HRC。滑槽可用耐磨材料制造，也可用 45 钢或碳素工具钢制造，要求硬度为 52HRC～56HRC。

（6）滑块常用尺寸（见表 3.12）

表 3.12　　滑块常用尺寸



简图	尺寸		
	B	*C*	*D*
	<30	8	6
	30～40	10	8
	40～50	12	10
	50～65	15	
	65～100	20	12
	100～160	25	15

注：材料为 T8A；滑动部分可局部或全部淬硬 40HRC～45HRC，其他尺寸按需选择。

3．锁紧楔

为了防止侧型芯在塑件成型时受力而移动，对侧型芯和滑块应用锁紧楔锁位，开模时又需使锁紧楔首先脱开(一般不允许斜导柱起锁紧侧型芯的作用)。锁紧的角度一般取$\beta=\alpha+(2^\circ \sim 3^\circ)$。锁紧楔的形式如图 3.101 所示，图（a）是整体式结构，特点是紧固可靠，能承受较大的侧向力，但加工比较麻烦且用耗材较多；图（b）是销钉定位，螺钉紧固，结构简单，加工方便，应用较普遍，但承载能力较差；图（c）采用 T 形槽固定并用销钉定位，加工较困难，但能承受较大的侧向力；图（d）将锁紧楔上方镶嵌在模板中，图（e）在锁紧楔背后加设 1 个后挡块，它们均能对锁紧楔起加强作用，能承受很大的侧向力；图（f）采用了 2 个锁紧楔，加强作用很大，但安装调整很困难。

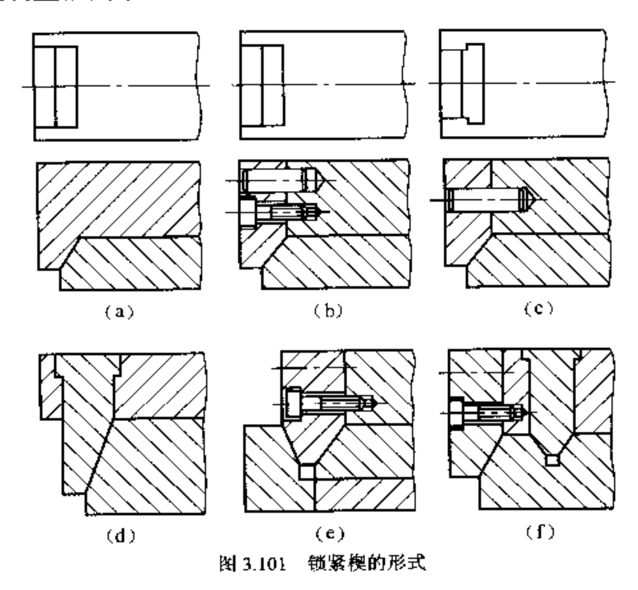


图 3.101　锁紧楔的形式

4．定位装置

如图 3.102 所示，它的作用是在开模过程中用来保证滑块停留在刚刚脱离斜导柱的地方，不发生任何移动，以避免再次合模时斜导柱不能准确地插进滑块的斜孔。常用有以下几种定

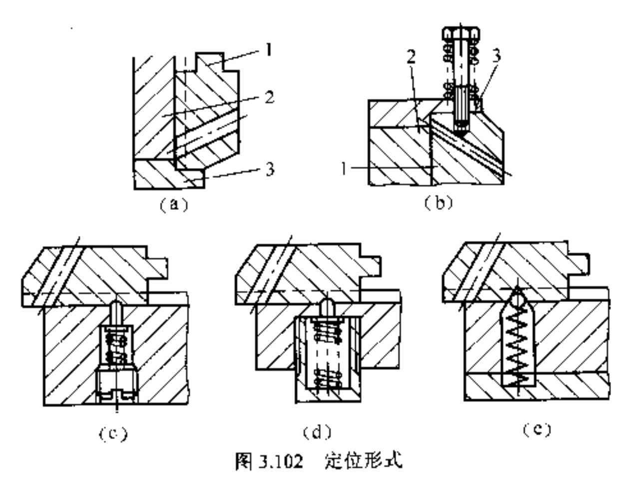


图 3.102　定位形式

位形式。图（a）利用滑块自重停靠在限位挡块上，结构简单，适用于向下抽芯的模具；图（b）依靠拉簧使滑块停留在限位挡块上，弹簧强度是滑块重量的 1.5～2 倍，适用于任何方向的抽芯动作；图（c）、（d）、（e）都是采用弹簧顶销或弹簧钢球的形式，只是安装弹簧的方法有所不同，这些结构适用于水平侧向的抽芯动作，弹簧钢丝直径可选 1mm～1.5mm，钢球可取 5mm～10mm。

3.6.6　斜导柱抽芯机构中的干涉现象

若侧向抽芯机构的斜导柱安装在定模上，滑块安装在动模上，同时采用顶杆（顶管）脱模机构并依靠复位杆使顶出机构复位，则很可能发生滑块复位先于顶出机构复位的现象，将导致滑块上的侧型芯与塑模中的顶出零件发生碰撞，这种情况在塑模设计中称为干涉现象，如图 3.103 所示。

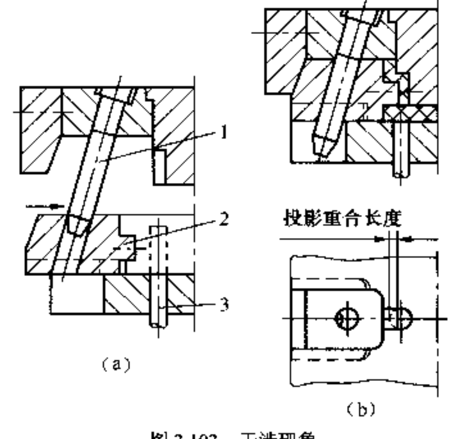


图 3.103　干涉现象

1．避免侧型芯与顶杆（顶管）干涉的条件

侧型芯与顶出零件发生干涉的可能性出现在两者垂直于开模方向的投影发生重合的情况下，因此只要结构允许，应尽量避免把顶出零件布置在侧型芯的水平投影范围内。如果受模具结构限制，二者的投影必须重合，则必须采取一定的措施，优先使顶出零件复位，然后才允许滑块复位，只有这样才能避免干涉。

如图 3.104 可知，在不发生干涉的临界状态下 $h_c = S'' \text{ctg}\alpha = S_c \text{ctg}\alpha$；在完全不发生干涉的情况下，需要 $S'' = S_c + \Delta$，故侧型芯与顶出零件不发生干涉的条件为

$$h_c \geqslant S_c \text{ctg}\alpha \text{或} S_c \leqslant h_c \text{tg}\alpha$$

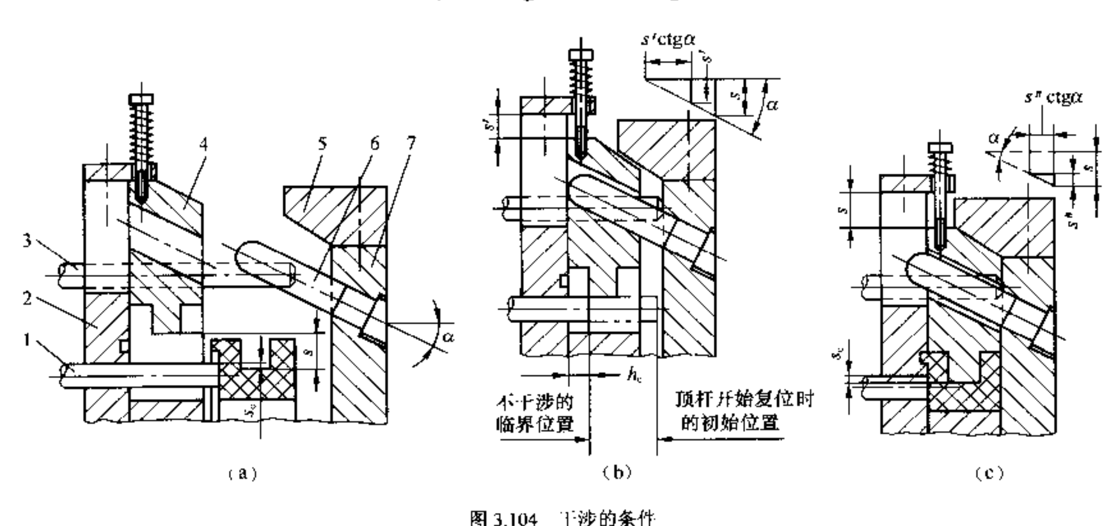


图 3.104　干涉的条件

式中，h_c——在完全合模状态下，顶杆端面到侧型芯的最近距离（沿开模方向）；对应的侧型芯复位行程；

S''—合模过程中与顶杆复位行程；$S''=S-S'$，S 是侧型芯总的复位行程或抽芯距；

S_c—在垂直于开模方向的平面上，侧型芯与顶杆投影的重合长度；

Δ—在完全不发生干涉的情况下，顶杆复位到 h_c 位置时，侧型芯沿复位方向距离顶杆侧面的最小尺寸。

设计带斜导柱抽芯机构的塑模时，如果侧型芯与顶杆有可能干涉，一般只要使 $h_c-S_c\,\text{ctg}\alpha \geq 0.5\text{mm}$ 即可避免干涉。如果实际情况无法满足这个条件时，则可在 $h_c<S_c\,\text{ctg}\alpha$ 的情况下，可以适当增大 α 角以避免干涉。但如果 h_c 比 $S_c\,\text{ctg}\alpha$ 小得很多时，则必须设计能够避免干涉的顶杆优先复位机构。

2．优先复位机构

优先复位一般都不容易保证顶杆、顶管等零件的精确复位，故在设计优先复位机构时，通常需要设置能够保证复位精度的复位杆。先复位机构的结构形式如下。

（1）弹簧式先复位

如图 3.105 所示，将弹簧安装在复位杆上，置于顶杆固定板与动模垫板之间。开模顶出塑件时，弹簧压缩；开始合模，在弹簧回复力作用下顶出机构迅速复位，因此可以避免与侧型芯干涉。该机构具有结构简单、安装容易等优点，但弹簧力量小，容易疲劳失效，可靠性较差，一般只适于复位力不大的场合，并需要定期更换弹簧。

（2）楔杆一三角滑块式

如图 3.106 所示，合模时楔杆 4 与三角滑块 3 的接触先于斜导柱 6 与侧型芯滑块 5 的接触。在楔杆作用下，三角滑块一边垂直下移，一边压迫顶管底板 2 带动顶管 1 水平后移，使顶管先于侧型芯 7 复位，从而避免两者发生干涉。

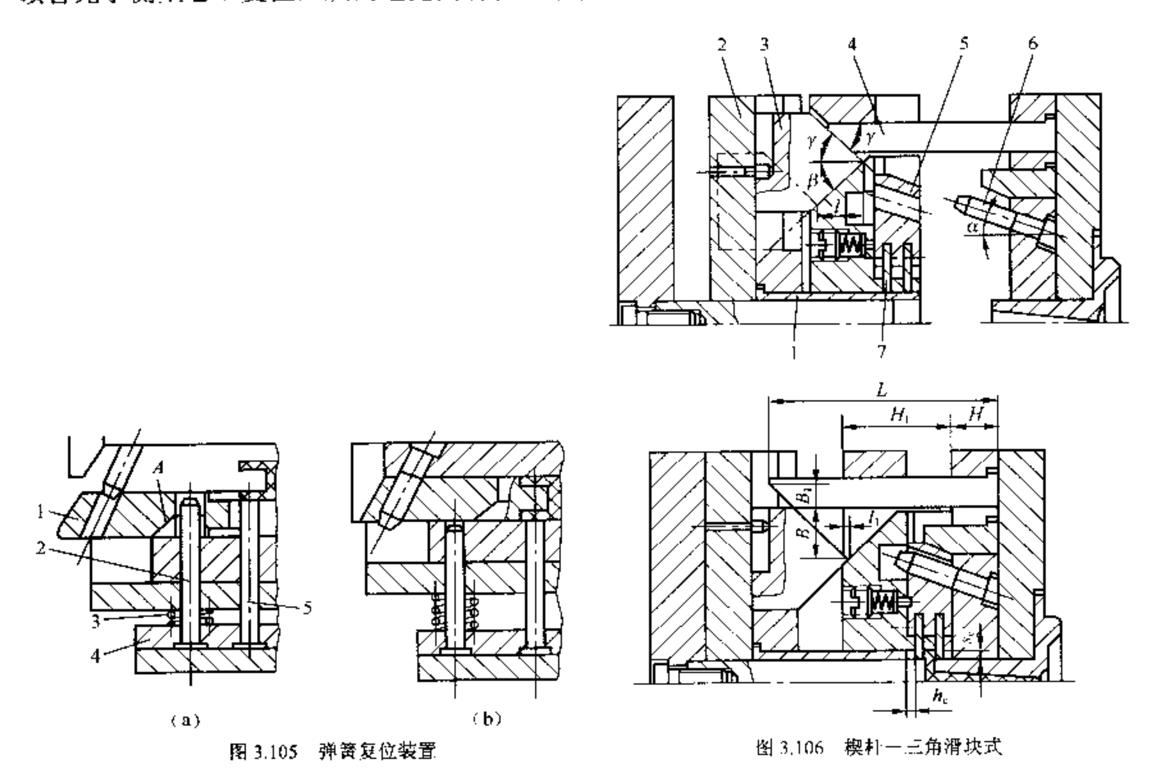


图 3.105　弹簧复位装置

图 3.106　楔杆一三角滑块式

（3）楔杆—摆杆式

如图 3.107 所示，合模时楔杆 6 压迫摆杆 4 上的滚轮 5，迫使摆杆向下移动，并同时压迫顶杆底板 3 带动顶杆 2 优先侧向型芯 1 进行复位。

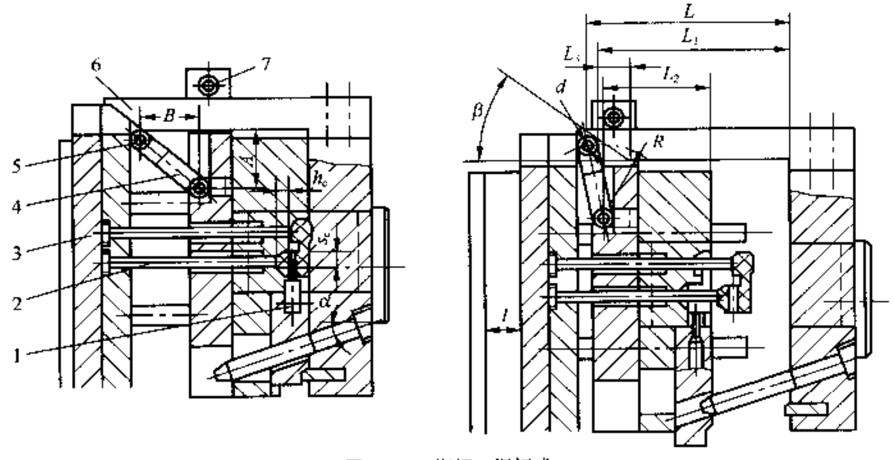


图 3.107 楔杆—摆杆式

（4）斜面压力式

如图 3.108 所示，复位杆 3 上方侧面带有一个斜面。合模时，斜导柱 6 未插入滑块斜孔之前先与该斜面接触，通过合模压力驱使顶杆底板 2 带动顶杆 4 优先侧型芯 5 复位。

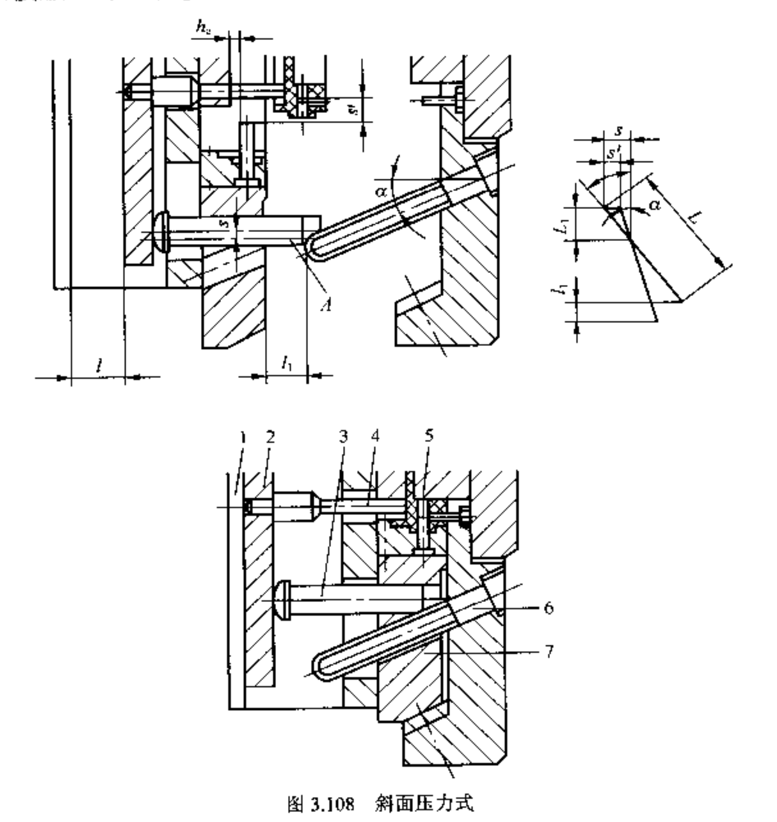


图 3.108 斜面压力式

（5）连杆式

如图 3.109 所示，连杆 3 以圆柱销 4 为支点（圆柱销安装固定在动模部分），一端安装在转销 6 上（转销安装固定在侧型芯滑块 7 上），另一端与顶杆固定板 2 接触。合模时，斜导柱 5 一旦开始驱动侧型芯滑块 7 运动，则连杆必将发生逆时针转动，迫使顶杆固定板 2 带动顶杆 8 迅速复位。

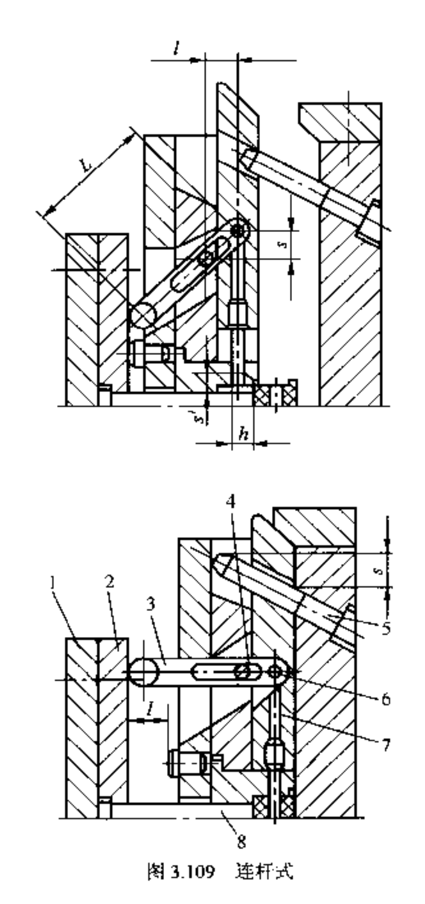


图 3.109　连杆式

3.6.7　斜导柱抽芯机构的几种结构形式

在斜导柱抽芯机构中，滑块大部分设在动模一侧，但有时因塑件结构形状的特殊要求，滑块也可能安装在定模一侧。根据斜导柱抽芯机构的运动特点，通常有以下 4 种结构形状。

1．斜导柱安装在定模、滑块在动模导滑

如图 3.104 所示属于这类形式，它的特点是可以采用结构比较简单的单分型面塑模，应用最为广泛。但必须避免侧型芯与顶出零件干涉，必要时可采用优先复位机构。

2．斜导柱和滑块同时安装在定模

如图 3.110、图 3.111、图 3.112 所示均属于这种形式。塑件具有某些特殊要求，设计时必须在定模部分增加一个分型面，以保证侧向抽芯动作先于顶出脱模动作，同时也可保证塑件能够保持在动模一侧，以便顶出脱模机构有效工作，必须使用定距分型拉紧机构。

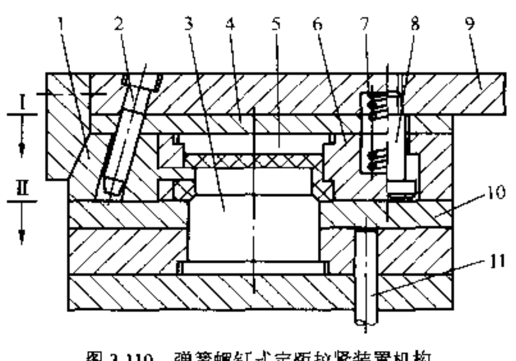


图 3.110　弹簧螺钉式定距拉紧装置机构

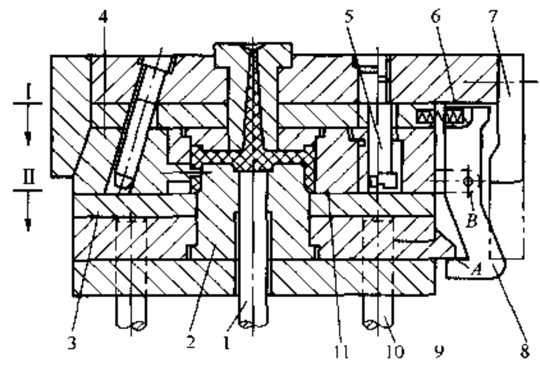


图 3.111　摆钩式定距拉紧机构

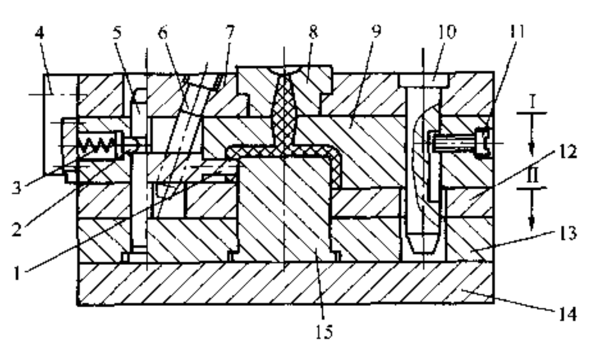


图 3.112　导柱式定距拉紧机构

3．斜导柱安装在动模、滑块在定模导滑

一种情况是塑件可能留在定模一侧，另一种则是设法把塑件保持在动模一侧。如图 3.113 所示，塑件可能留在定模一侧，特点是塑模中一般不设顶出机构，凹模可以做成能够滑动的瓣合式结构，这种塑模结构比较简单，但经常需要手工取件，操作不大方便，生产率较低，主要适用于小批量生产，或适用于不必设置顶出脱模机构的塑件。图示凸模安装在动模部分，可以滑动的瓣合式凹模（即凹模滑块）安装在定模中的导滑槽内。侧向分型将与开模运动同时进行，如果塑件紧紧包覆在凸模上随动模运动，凹模滑块的运动将会受到妨碍，塑件将有可能被塑模拉坏。为了避免这种现象发生，设计时应把斜导柱与导滑斜孔的间隙 c 取大些（一般可取 1.6mm～3.6mm），这样可使侧向分型运动稍稍滞后开模运动一段时间，塑件与凸模也

能够发生一定程度的松动。

如图 3.114 所示，塑模首先从 I 处分型，同时开始侧向抽芯，为了不妨碍侧向型芯运动，凸模 1 可在凸模固定板 11 中浮动一段距离，同时，脱模板 10 下面的弹簧顶销 12（图中用虚线表示）负责把脱模板压靠在凹模端面防止塑件脱出型腔，当动模移动一定距离后，浮动的凸模台肩与其固定板接触，塑模从 II 处分型，塑件随凸模运动脱出凹模型腔并保持在动模一侧，然后通过脱模板把塑件从凸模上脱除。这种形式主要适用于抽拔力和抽芯距都比较小的深罩形塑件。

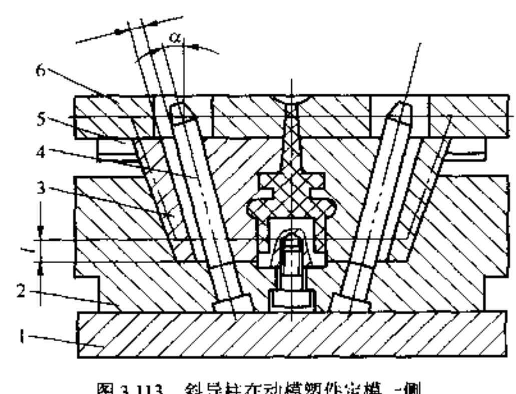


图 3.113　斜导柱在动模塑件定模一侧

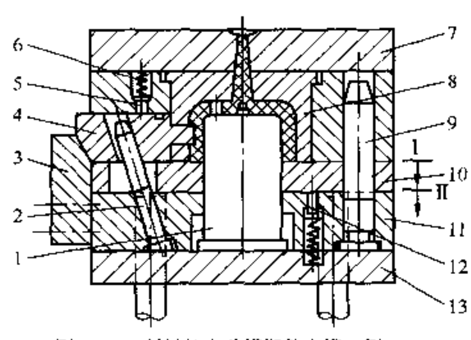


图 3.114　斜导柱在动模塑件定模一侧

4．斜导柱和滑块同时安装在动模

如图 3.115 所示，瓣合式活动凹模本身即为滑块，侧向分型动作是通过斜导柱转换顶出机构的运动方向来实现的，滑块始终不会脱离斜导柱，所以不需要对滑块设定位装置，主要适用于抽拔力和抽芯距都不太大的场合。

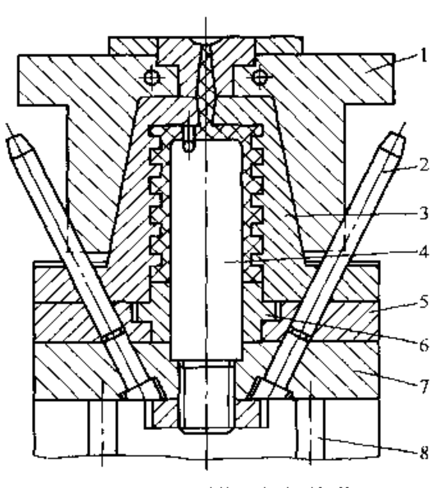


图 3.115　斜导柱侧向分型机构

3.6.8　定距分型拉紧机构

斜导柱抽芯机构中，滑块在定模导滑的情况下，为了把塑件留在动模上，以便顶出脱模，定模部分必须增加一个分型面，而且还要求塑模必须首先在此分型，以便斜导柱驱动滑块抽

芯，然后才能使动、定模分型，最后利用顶出机构将塑件脱模。否则，塑件的侧凸凹便会损坏，或者塑件不能被带出定模，导致脱模机构失效，严重时还会拉坏侧向型芯。定距分型拉紧机构是保证塑模具有上述功能的一套机构。

1. 弹簧螺钉式

如图 3.110 所示，侧型芯滑块 1 安装在定模部分（可在定模中间板 4 上滑动）。开模时，在弹簧 7 作用下，定模首先从 I 处分型，斜导柱 2 驱动滑块向外抽芯，当抽芯动作完成时，定距螺钉 8 钩住凹模侧板 6 使其不能再随动模运动；继续开模，动、定模从 II 处分型，塑件随凸模 3 脱出凹模并保持在动模一侧，然后由脱模板 10 推出脱模。这种结构受弹簧尺寸和弹簧力限制，适用于抽芯距和抽拔力不大的场合。

2. 摆钩式

如图 3.111 所示，侧向型芯滑块 4 安装在定模部分，定模外侧还装有摆钩 8 和弹簧 6，它们与定距螺钉 5 以及压块 7 共同组成拉紧机构，适用于抽拔力较大的场合。开模时，摆钩紧紧勾住动模上的挡块 9，迫使塑模首先从 I 处实现定模分型，滑块 4 同时进行抽芯动作，抽芯结束后定距螺钉 5 勾住凹模侧板 11，使其不能再随动模运动；继续开模，压块 7 压迫摆钩 8 转动，摆钩失去约束动模的作用，动、定模从 II 处分型，塑件随凸模 2 脱离凹模保持在动模一侧，然后由脱模板 3 和顶杆 1 将其顶出脱模。

设计这种机构时，必须使摆钩的着力点 *A* 到支点 *B* 所产生的力矩小于复位弹簧 6 与支点间的力矩，否则会出现脱钩现象。如果塑模在制成后产生脱钩现象，可以用加长压块 7 的方法解决，如图 3.111 中的双点划线所示。

3. 滑板式

合模状态如图 3.116 所示，其中拉钩 4 固定在动模 1 上，紧紧勾住能在定模型板 2 中运动的滑板 3。开模时由于拉钩作用，迫使塑模首先从 I 处实现定模分型，同时斜导柱驱动侧型芯滑块抽芯（图中未画出）。当抽芯动作完成时，压板 6 的斜面与滑板 3 上的斜面接触，驱动滑板向内运动，摆脱拉钩约束，紧接着定距螺钉 7 发挥作用，限制定模型板不能再随动模运动；继续开模，动、定模从 II 处分型。合模时，分型面 II 首先闭合，待拉钩越过滑板复位后，滑板在弹簧 8 作用下退回到拉钩内，接着定模在 I 处闭合。

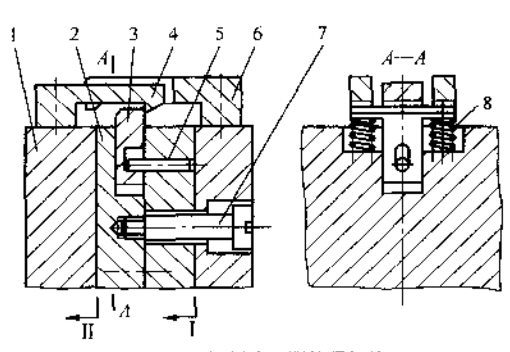


图 3.116　滑板式定距拉紧机构

4. 导柱式

如图 3.112 所示，定距拉紧动作与两个导柱结构有关，整个塑模显得紧凑整齐。其中，导柱 5 随凸模 15 固定在动模垫板 14 上，靠近导柱头部有一个环形半圆槽，与其对应，在凹模型板 9 内部有止动销 2。开模时，止动销 2 在弹簧 3 作用下，其头部紧紧插在导柱的半圆槽内，使凹模型板 9 暂时随动模移动，迫使塑模从 I 处实现定模分型，同时斜导柱 6 驱动侧型芯滑块 1 运动抽芯。当抽芯动作完成后，兼起导柱作用的拉杆 10 上的凹槽底部与定距螺钉 11 接触，限制凹模型板不能再随动模运动；继续开模时，开模力将大于止动销 2 对斜导柱槽的压力，导致止动销后退进入凹模板，于是动、定模从 II 处分型，然后由脱模板 12 将塑件推

出脱模。这种结构形式比较简单，但定距拉紧力不大，只适用于抽拔力较小的场合，另外，也可用来脱卸点浇口凝料。

3.6.9 斜滑块侧向分型与抽芯机构

1．斜滑块侧向分型与抽芯机构类型

当塑件的侧凹较浅，所需的抽芯距不大，但侧凹的成型面积较大，而需要较大的抽拔力时，可以采用斜滑块机构进行侧向分型与抽芯。它的特点是利用顶出脱模机构的推力，驱动滑块斜向运动，当塑件被顶出脱模的同时，由滑块完成侧向分型与抽芯动作。斜滑块分型与抽芯机构比斜导柱式简单，通常可分为外侧分型（或抽芯）和内侧抽芯两种类型。

（1）斜滑块外侧分型抽芯机构

如图 3.117 所示，塑件是一个线圈骨架，外侧带有深度浅但面积大的侧凹，斜滑块本身就是瓣合式凹模镶块，型腔由两个斜滑块组成。开模后，在推杆 2 作用下斜滑块 1 向上运动，同时也向两侧分开，分开动作依靠斜滑块上的凸耳在模套 5 上的滑槽中所进行的斜向运动来实现，滑槽的方向与斜滑块的斜面平行。当斜滑块完成侧向分型运动的同时，塑件也将从主型芯上脱出，其中限位螺钉 7 是为了防止斜滑块从模套中脱出而设置的。这种机构主要适用于塑件对主型芯的包紧力较小、侧凹的成型面积较大的场合，否则，斜滑块很容易把塑件的侧凹拉坏。

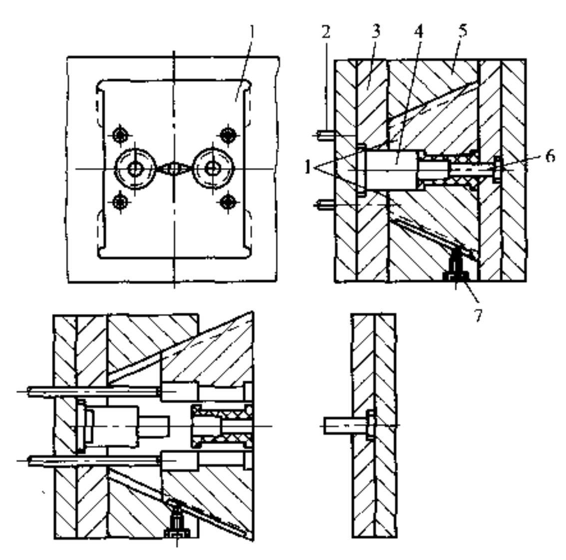


图 3.117 斜滑块外侧分型抽芯机构

（2）斜滑块内侧抽芯机构

如图 3.118 所示，斜滑块 9 兼起内侧型芯作用，其下端与滑块座 3 上的转销 4 连接（转销可在滑块座的滑槽中平移），并能围绕转销转动，滑块座用顶杆固定板 2 固定，凸模固定板 5 上开一导滑斜孔，斜滑块穿过这个斜孔并与斜孔保持间隙配合。开模后，顶动顶杆底板 1 使顶杆 8 和斜滑块向前运动，由于斜孔的作用，斜滑块同时还会向内侧移动，从而在顶杆顶出塑件的同时完成内侧抽芯动作。

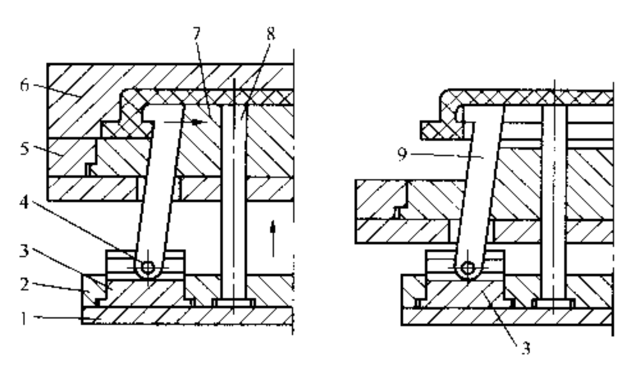
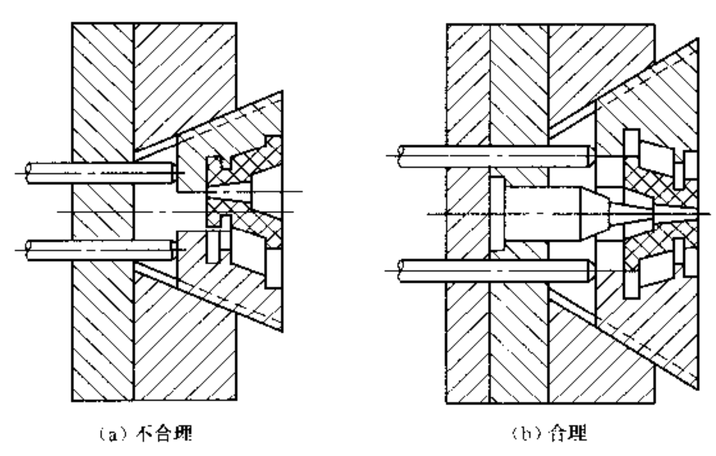


图 3.118　斜滑块内侧抽芯机构

2．设计要点

(1）上型芯的位置

位置选择恰当与否直接关系到塑件能否顺利脱模。如图 3.119（a）所示将主型芯设置在定模一侧，开模后主型芯立即从塑件中抽出，然后斜滑块才能分型，所以塑件很容易在斜滑块上粘附于某处塑料收缩值较大的部位，因此不能顺利脱模。如果将主型芯位置改设在动模上，如图 3.119（b）所示，则上型芯在塑件脱模过程中具有导向作用，因此在斜滑块分型过程中不会粘附，脱模顺利。



（a）不合理　　（b）合理

图 3.119　主型芯位置选择

(2）止动方法

斜滑块通常设置在动模部分，并要求塑件对动模部分的包紧力大于对定模部分的包紧力。但有时因为塑件的结构特殊，定模部分的包紧力大于动模部分，此时，如果没有止动装置，则斜滑块在开模动作刚刚开始之时便有可能与动模产生相对运动，导致塑件损坏或滞留在定模而无法取出，如图 3.120（a）所示。为了避免这种现象发生，可参照图 3.120（b）所示设置斜滑块弹簧止动装置，开模后，弹簧顶销 5 压紧斜滑块 3 防止斜滑块与动模分离；继续开模时，塑件留在动模上，然后由推杆 1 带动斜滑块侧向分型并顶出塑件。

斜滑块止动还可采用图 3.121 所示的导销结构，即在斜滑块上钻一圆孔与固定在定模上的导销 2 间隙配合。开模后，在导销的约束下，斜滑块不能进行侧向运动，所以开模动作也

就无法使斜滑块与动模之间产生相对运动；继续开模时，导销与斜滑块上的圆孔脱离接触，动模内的顶出机构将推动斜滑块侧向分型并顶出塑件。

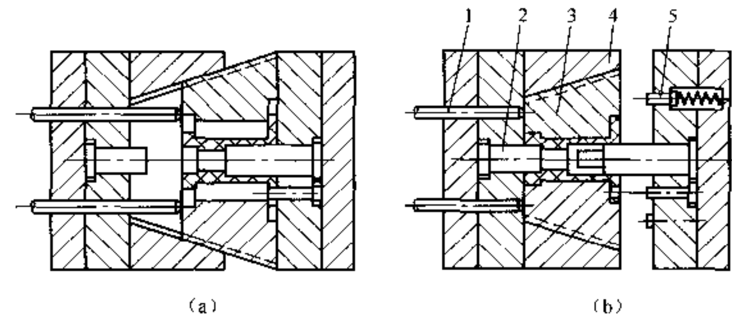


图 3.120　斜滑块的弹簧止动装置

（3）组合形式

根据塑件需要，斜滑块通常由 2～6 块组合而成，在某些特殊情况下，斜滑块还可以分成更多的块。设计时应考虑分型与抽芯方向的要求，并尽量保证塑件具有较好的外观质量，不要使塑件表面留有明显的镶拼痕迹。另外，还应使斜滑块的组合部分具有足够的强度。常用的斜骨块组合形式如图 3.122 所示。如果塑件外形有转折，则斜滑块的镶拼线应与塑件上的转折线重合，如图 3.122（e）所示。

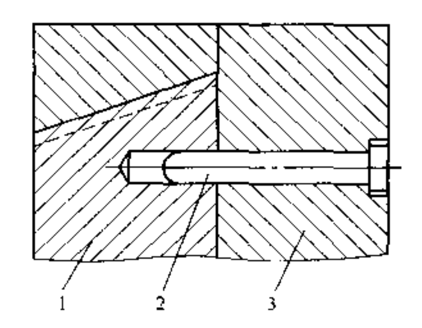


图 3.121　导销止动斜滑块的结构

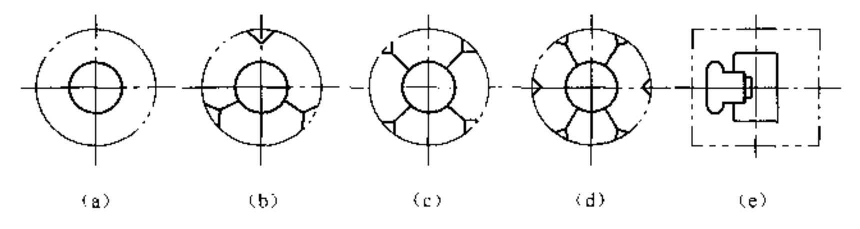


图 3.122　斜滑块的组合形式

（4）导滑形式

如图 3.123 所示，按照导滑部分的特点，图（a）～（d）分别称为镶块导滑、凸耳导滑（T 型）、圆销导滑和燕尾导滑。其中，前三种加工比较简单，应用广泛，而最后一种加工比较复杂，但因占用面积较小，故在斜滑块的镶拼块较多时也可以使用。斜滑块导滑部位均应采用间隙配合，配合间隙可参考斜导柱式机构中滑块与滑槽的配合间隙进行设计。

（5）推出行程与倾角

推出行程计算与斜导柱式机构中抽拔运动所需的开模距计算相似，但斜滑块的强度较高，其倾角可比斜导柱斜角大一些，最好不超过 26°～30°。在同一副模具中，如果塑件各处的侧凹深浅不同，则所需的斜滑块推出行程也不相同，为了使斜滑块间运动保持一致，可将各

处的斜滑块设计成不同的倾角。最后，保证斜滑块推出后不脱离滑槽和保证合模时准确复位，斜滑块应有 2/3*L* 在滑槽内，设置限位挡销。

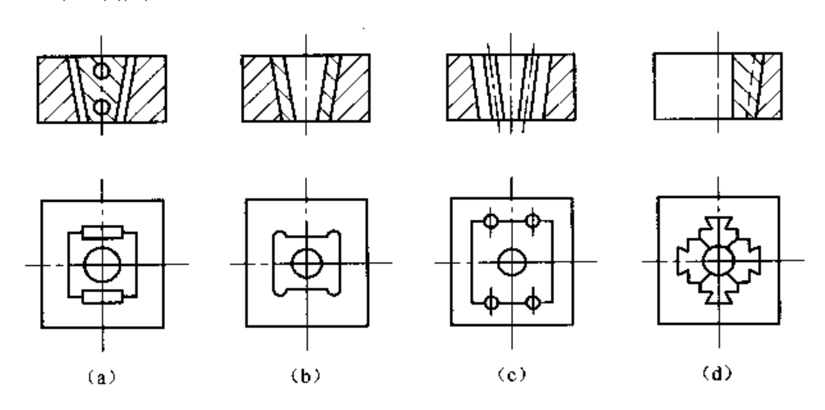


图 3.123　斜滑块的导滑形式

（6）装配要求及推力问题

为了保证斜滑块在合模时拼合紧密，避免在注射成型时产生飞边，装配斜滑块时必须达到图 3.124 所示的装配尺寸要求，即斜滑块与模套底部及端面之间均要留有 0.2mm～0.5mm 的间隙，使斜滑块与动模（或导滑槽）之间有了磨损之后，可通过修磨斜滑块的端面继续保持拼合的紧密性。

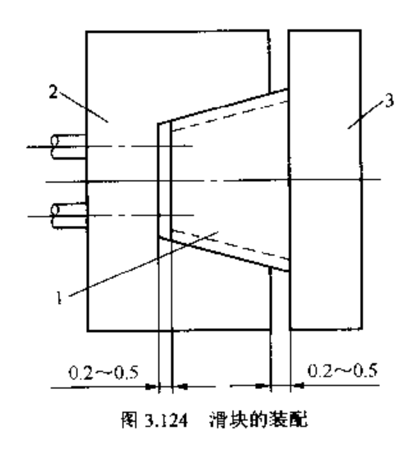


图 3.124　滑块的装配

采用推杆直接推动斜滑块运动时，由于加工制造误差往往会出现推力不均匀现象，严重时能使塑件损坏。解决这一问题的办法是在推杆与斜滑块之间加设一个推板，使斜滑块推力均匀。

3.6.10　齿轮齿条侧向抽芯机构

齿轮齿条侧向抽芯机构可以获得较大的抽芯距和抽拔力，可满足斜向抽芯的要求，但一般不用于中小型模具。

如图 3.125 所示，传动齿条固定在定模上并带动模内齿轮转动进行侧向抽芯，当开模后，动模内的齿轮 2 与固定在定模上的传动齿条 3 啮合发生转动，于是其上带有齿条的侧向型芯

1 在齿轮 2 的带动下进行抽芯运动；至开模运动结束时，传动齿条 3 与齿轮 2 脱离接触，侧向型芯也同时停止运动。为了避免再次合模前齿轮 2 发生意外转动，影响侧型芯复位时与其准确啮合，机构中设置了弹簧定位销 5，它在开模运动结束时可插入齿轮 2 的定位槽中（该槽开在齿轮 2 的轴上），以对其定位和防转。

如图 3.126 所示，传动齿条固定在动模上并带动模内齿轮转动进行侧向抽芯。由于带动抽芯运动的齿轮齿条与顶出脱模机构同在动模，故设置齿条底板 1 和顶杆底板 2，使它们不能同时与注射机顶杆发生作用，保证抽芯动作先于顶出动作，以免损坏塑件。当开模后，齿条底板 1 先与注射机推顶装置发生作用，于是传动齿条 5 带动齿轮 4 转动，在齿轮 4 的作用下，带有齿条的侧向型芯 3 产生直线运动，实现抽芯动作；当抽芯动作结束时，顶杆底板 2 与齿条底板 1 接触，顶出动作开始，直至将塑件顶出脱模。在该机构中，传动齿条 5 与齿轮 4 始终保持接触，不需要齿轮定位装置。另外，如果抽拔距较长，而开模距受注射机限制不能太大时，可采用双联齿轮和加大传动比的方法以满足需要。

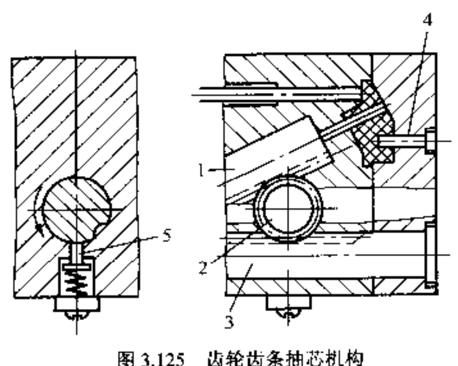


图 3.125　齿轮齿条抽芯机构

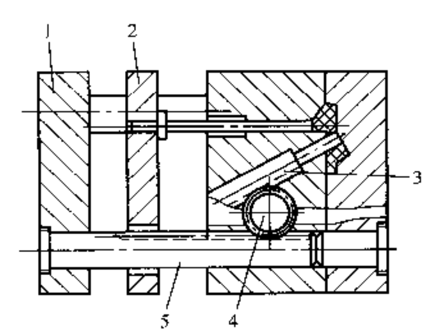


图 3.126　齿轮齿条抽芯机构

3.7　推出机构设计

从模具中推出塑件制品及其浇注系统凝料的机构称为推出机构。推出机构的动作是通过注射机上的顶杆或液压缸来完成的。

3.7.1　推出机构的结构组成和分类

1．推出机构的结构组成

推出机构主要由推出零件、推出零件固定板和推板、推出机构的导向与复位部件等组成。如图 3.127 所示的推出机构模具中，推出机构由推杆 1、拉料杆 6 及复位杆 7 等组成。推杆固定板 2、推板 5 由螺钉连接，用于夹住推杆 1、拉料杆 6 及复位杆 7。开模时，注射机上的顶杆将顶出力作用在推板上，再通过推杆产生脱模力使制品从型腔中脱出。导柱 4 和导套 3 的作用是保证推出过程平稳可靠，同时导柱 4 公平起支撑动模垫板的作用。推板在推出制品后的复位依靠复位杆 7 实现。拉料杆 6 的作用是钩住系统的凝料，使凝料随同制品一起留在动模内。图中限位支承钉 8 的作用是使推板与动模座板间形成间隙，以保证平面度要求，并且有利于废料、杂物的去除；另外，还可以通过支承钉厚度的调节来控制推出距离。

2．推出机构的分类

推出机构按脱模动作的动力来源对机构分类，可分为机动、手动、液压和气压等推出机构。按推出零件分类，可以分为推杆推出、推管推出、推板推出、推块推出、利用成型零件推出和多元件综合推出等推出机构。按推出机构的动作特点分类，可分为一级推出机构、二级推出机构、动定模双向推出机构、辅助推出机构等推出机构。目前，手动脱模多用于塑件滞留在定模一边的情况，机动推出依靠开模推出动作实现塑件脱模，液压和气压推出分别依靠设置在注射机上的专用液压和气压装置将塑件直接推出脱模。

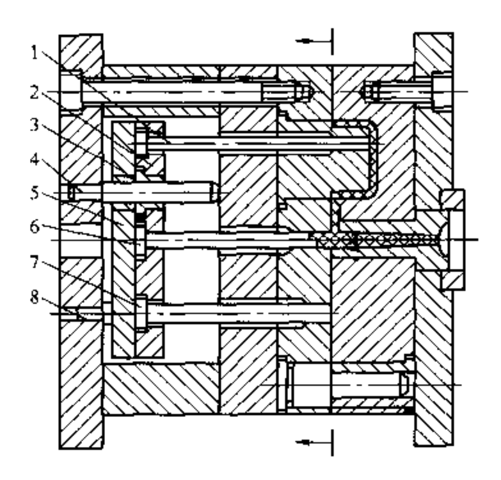


图 3.127　推出机构模具

1—推杆；2—推杆固定板；3—推板导套；4—推板导柱；5—推板；6—拉料杆；7—复位杆；8—支承钉

3．设计原则

塑料制品的几何形状和尺寸千变万化，要实现对各种制品的脱模动作，需要设计各种不同的推出机构来满足其机械运动。因此，推出机构设计是一个既复杂又灵活的工作，不仅需要在生产实践中随时留意观察和不断总结经验，而且还要在设计时敢于改革和创新。根据不同塑件的形状、复杂程度和注射机脱模形式，采用各种不同类型的推出机构。在设计和选用推出机构时，必须遵循下述原则。

(1) 制品应尽可能滞留在动模一侧。由于注射机合模系统与注射机上的动模固定板相连，且注射机带有推顶装置，为了便于和动模内的推出脱模机构连接作用，故制品应尽可能滞留在动模一侧。

(2) 制品在推出过程中不允许变形损坏。推出制品时，应考虑塑件对注射模附着力的大小、作用位置、推出力的分布均匀合理性和推出力的作用面积尽可能大并靠近型芯等。如推出力作用在塑件承力较大的筋部、凸缘、壳体壁等处。

(3) 推出机构应保证不损伤塑件的外观表面，尤其要注意塑件外观表面有特殊或严格要求的制品。

(4) 结构尽可能简单，推出动作可靠，更换推出零件容易。对于生产批量不大的塑件，为了尽可能地降低注射模制造成本，选择结构比较简单的推出机构。对于生产批量较大的制品，为了尽量提高生产率，可采用结构比较复杂、自动化程度较高的推出机构，但都必须确保推出动作灵活，工作可靠，制造方便，零部件配换容易，成本低。

3.7.2　推出零件的设计

1．推杆的设计

推杆推出机构是最常用的推出机构，其设置推杆位置的自由度较大，常被用来推出各种塑料制件。

(1) 推杆的形状

常用的推杆形状如图 3.128 和图 3.129 所示。截面为圆形截面的推杆结构简单，尾部采用台肩的形式，台肩的直径 D 与推杆的直径约差 4mm～6mm；当推杆工作部分比较细小时，

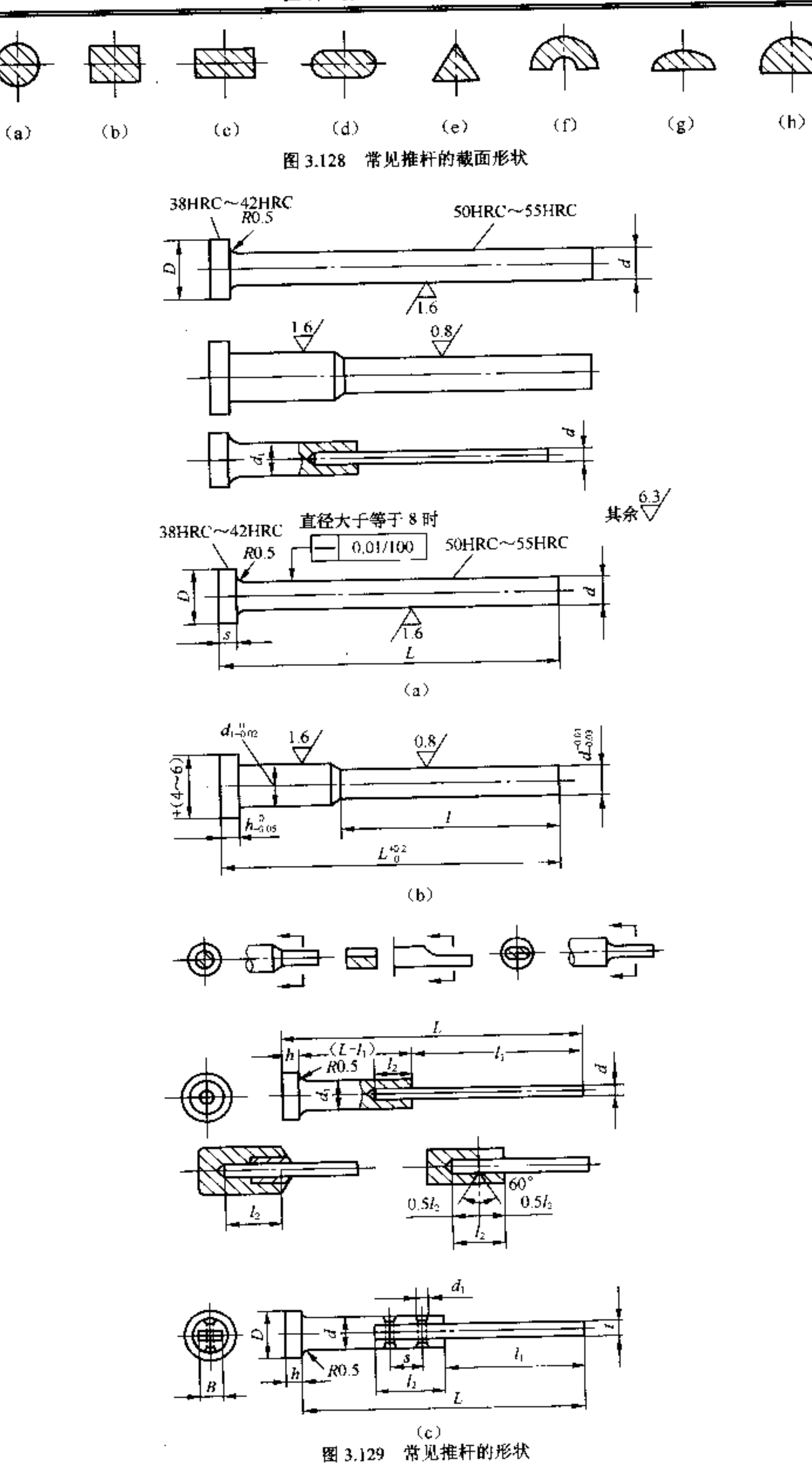


图 3.128 常见推杆的截面形状

图 3.129 常见推杆的形状

可采用阶梯形推杆，并在后部加粗以提高其刚度，用于要求推杆直径较小的情况；截面为整体式非圆形截面的推杆时，是在圆形截面基础上，在工作部分铣削成型；当为插入式非圆形截面的推杆时，其工作部分与固定部分用两销联结。后两种主要用于制品的加强筋等部位的推出。

应用情况如下：

① 利用塑件外表面推出

如图 3.130 所示，它适合于板状塑件，需考虑使用复位杆。

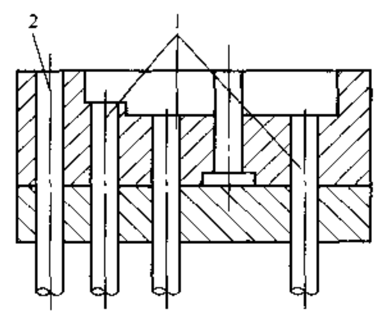


图 3.130　利用塑件外表面推出

② 利用塑件顶面及侧面周边同时推出

如图 3.131 所示，它适用于盖壳类型塑件。若仅取塑件顶面或侧面周边推出，则由于这类塑件侧面阻力大而将导致塑件变形，如图 3.131（b）或图 3.131（c）所示。

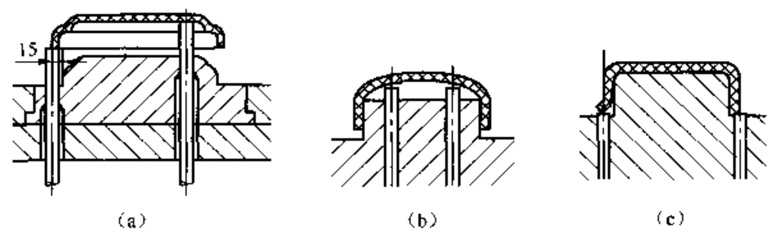


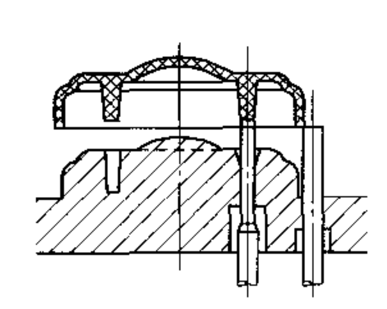
图 3.131　利用塑件顶面及侧面周边同时推出

③ 利用塑件周围及筋槽同时推出

如图 3.132 所示，它适用于具有细深凸起加强筋的塑件。

④ 利用塑件内面推出

如图 3.133 所示，接触面积大，便于脱件，但型芯冷却较困难。


图 3.132　利用塑件周围及筋槽同时推出

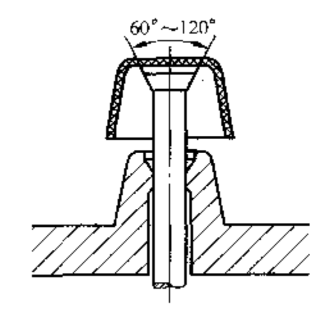


图 3.133　利用塑件内面推出

⑤ 利用推出耳推出

如图 3.134 所示，它适用于塑件不允许留有推杆痕迹，而又需要用推杆脱模的场合。

⑥ 利用嵌件或成型滑块推出

如图 3.135 所示，利用嵌件或成型滑块推出。

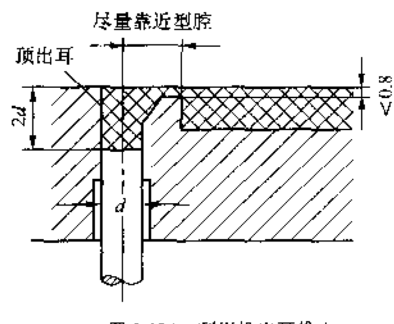


图 3.134　利用推出耳推出

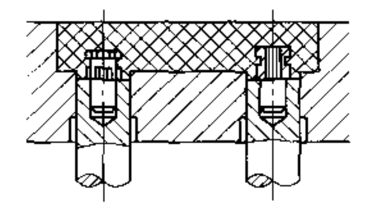


图 3.135　利用镶件或成型滑块推出

⑦ 推杆倾斜式推出

如图 3.136 所示，塑件形状决定了分型面不能垂直于开模方向。

（2）推杆位置的设计

推杆位置的设计应遵循如下几点。

① 推杆应设在脱模阻力大的地方。如图 3.131（a）所示，型芯周围制品对型芯包紧力很大，所以可在型芯外侧制品的端面上设推杆，也可在型芯内靠近侧壁处设推杆。如果只在中心部分推出，制品容易出现被损坏的现象，如图 3.131（b）所示。

② 推杆应设在制品强度刚度较大处。推杆不宜设在制品薄壁处，尽可能设在制品壁厚、凸缘、加强筋等处，如图 3.131（c）所示，以免制品变形损坏。

③ 布置推杆时，要考虑脱模阻力的平衡，保证制品被推出时受力均匀，推出平稳，不变形，因此在筋、凸台、细小凹部要多设推杆。

④ 在推压制品的边缘时，为了增加推杆与制品的接触面积，应尽可能采用直径较大的推杆，推杆的边缘应与型芯侧壁相隔 0.1mm～0.15mm，以避免推杆因推杆孔的磨损而把型芯侧壁擦伤，如图 3.137 所示。

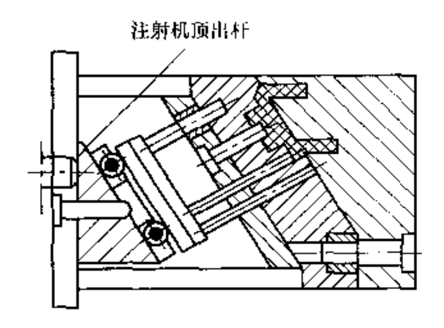


图 3.136　推杆倾斜式推出

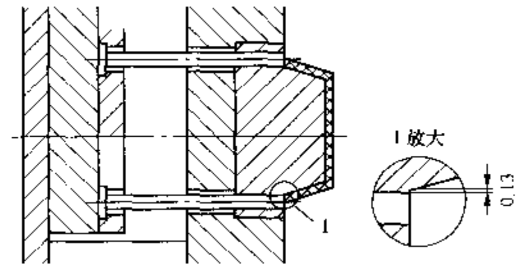


图 3.137　边缘推杆的设计

⑤ 在装配推杆时，应使推杆端面和凸面齐平或者比凸模平面高出 0.05mm～0.1mm，以免在制品上留下一个凸台影响制品的使用。

⑥ 在空气或废气难以排出的部位，应尽可能设置推杆，用它代替排气槽排气。

⑦ 推杆与动模板推杆孔的配合一般为 H8/f7，配合长度约为推杆直径的 1.5～2 倍，一般不应小于 15mm。

⑧ 推杆固定端与推杆固定板径向应留有 0.5 mm 的间隙，避免在多推杆的情况下，由于

各板上的推杆孔加工误差引起的轴线不一致卡死现象。

（3）推杆的组合与固定形式

① 推杆的组合形式

推杆的组合形式有 4 种，如图 3.138 所示。s 为推出距离（mm），$d_1=d_2=$（d+1）mm，$d_4=$（d_3+1）mm，$L_1=$（1.5～2）$d\geqslant$15mm，L_2 为局部淬火长度，按需要确定。

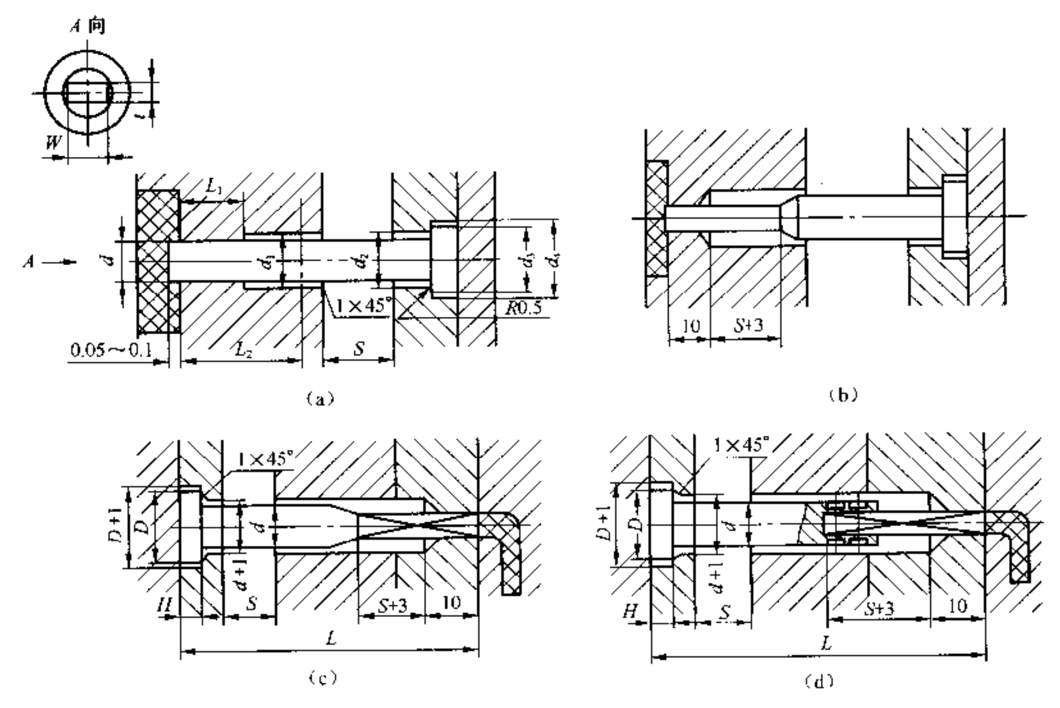


图 3.138 推杆的组合形式

② 推杆的固定形式

推杆的固定形式如图 3.139 所示。Ⅰ型为最常用的垫板固定形式。Ⅱ型为用螺钉的固定形式。Ⅱ型比Ⅰ型可减少顶板厚度，常用于中、大型模具结构中。Ⅲ型常用于多推杆场合，为了便于加工，其固定部位常用三块板组成。

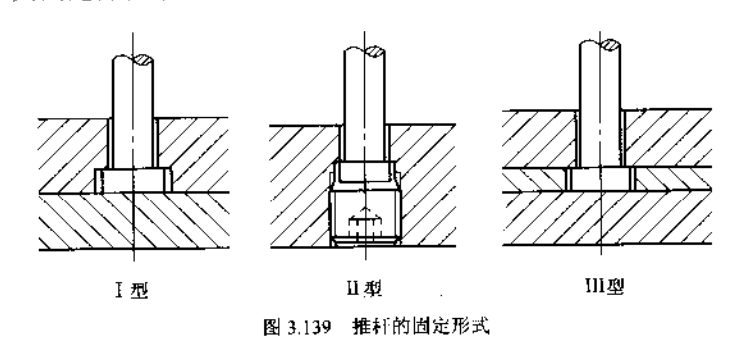


图 3.139 推杆的固定形式

（4）推杆的布置、导向及复位

① 推杆的布置应保证塑件的质量和脱模顺利，推杆数量应尽可能少，并尽量设置在塑件

的内侧，以免因推出痕迹影响塑件外观。合理布置推杆的原则是：根据塑件的形状和尺寸，尽可能使推杆位置均匀对称，以便使塑件受的推出力均衡，并避免推杆弯曲变形。布置推杆时，还应注意将推杆设置在脱模阻力最大的部位。尽量使推出的塑件受力均匀，但不宜与型芯或镶件距离过近，以免影响凸凹模强度。推杆应尽量不设置在塑件的浇口处，以防塑件浇口处的内应力过大而发生破裂。推杆的布置还应避开冷却水道和侧抽芯，以免发生干涉。

② 推杆在塑模中的布置需按塑件的形状和尺寸确定，因此推杆较多时，它们所受推出反力的合力不一定正好与注射机推杆的轴线一致，推杆底板容易在运动时发生偏斜，容易使模具内细长推杆发生弯曲或折断。为了避免这种现象发生，对推杆机构设置导柱导向装置，通常导柱不应少于 2 根，大型塑模则需要安装 4 根，导向长度不应小于 10mm，如图 3.140 所示。

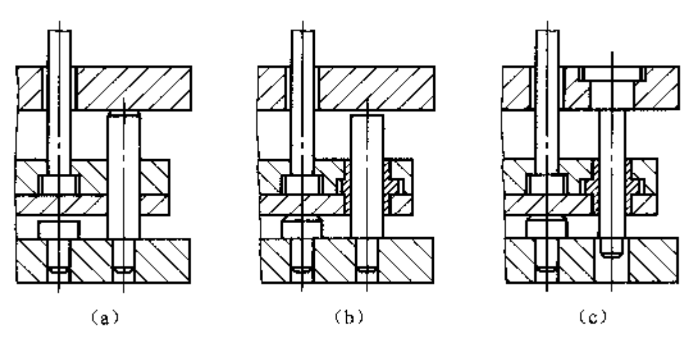


图 3.140　推杆的导向装置

③ 使用推杆作为推出零件的脱模机构，在完成一次脱模推出动作，开始下一个工作循环时，推杆必须回到初始位置，必须设置复位装置或复位杆（回程杆）。复位杆的设置很灵活，如图 3.141 所示。

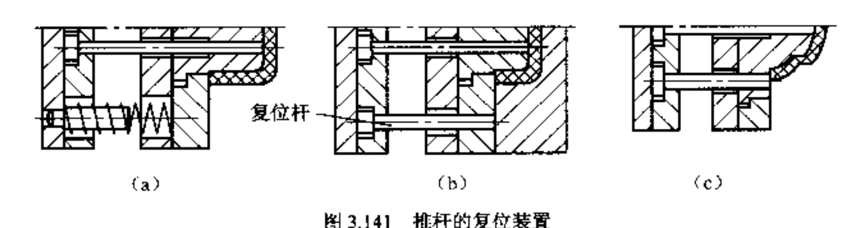


图 3.141　推杆的复位装置

（5）设计要点

① 推杆直径不宜过细，承受推力时应有足够的强度。根据经验，推杆直径一般为ϕ2.5～12mm。对于ϕ3mm 以下的推杆要做成两段，即推杆下部分加粗以增加强度。尽量避免使用ϕ2mm 以下的推杆。

② 推杆应设置在脱模阻力大的地方，尽量使推出的塑件受力均匀，但不应和型芯（或镶嵌件）距离过近，以免影响凸模或凹模的强度。

③ 推杆的端面在装配后应比型腔或镶件的平面高（0.05～0.1）mm。

④ 由于塑件在进料口处的内部应力大，容易破碎，故在进料口处尽量不设推杆。

⑤ 为了避免推杆与侧抽芯机构发生冲突，推杆尽量避开侧抽芯和考虑采用先复位机构。

⑥ 推杆与模体的配合间隙应不大于所用塑料的溢边值（见表 3.13），以免产生飞边。推

杆与配合孔配合长度一般取推杆直径的 2～3 倍。

表 3.13　　常用塑料溢边值（mm）

塑料种类	溢边值	塑料种类	溢边值
聚乙烯	0.02	聚甲醛	0.03
聚丙烯	0.03	有机玻璃	0.03
软聚氯乙烯	0.03	ABS	0.04
聚苯乙烯	0.03	聚碳酸酯	0.06
聚酰胺	0.03	聚砜	0.08

⑦ 推杆的材料

常用材料有 45 号钢、T8 或 T10 碳素工具钢，推杆头部需淬火处理，硬度在 45HRC～50HRC 以上，表面粗糙度在 Ra1.6μm 以上。

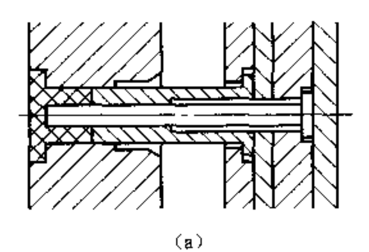
2．推管设计

推管的传动方式与推杆基本上相同，其优点是推出受力均匀，脱模确实，注意过薄的推管容易损坏。主要用于推出圆筒形塑件或带圆形部位的塑件。

（1）形式

① 推管固定在中间推板上，如图 3.142 所示，适于推出距离不大的场合。

② 推管在型板内滑动，如图 3.143 所示，适于需要缩短推管长度的场合。



(a)

(b)

图 3.142　推管固定在中间推板上

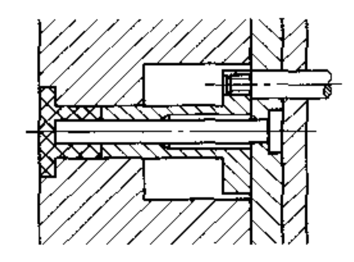


图 3.143　推管在型板内滑动

③ 推管上开有长槽，如图 3.144 所示，型芯用圆柱销或方销固定在模板上，适于对型芯固定力量较小的场合。

④ 不用型芯固定板，如图 3.145 所示，型芯可以缩短，结构紧凑。

（2）设计要点

① 推出塑件的厚度，即推管的厚度，一般不小于 1.5mm。

② 推管须淬硬 50HRC～55HRC，最小淬硬长度要大于与型腔配合长度再加上推出距离。

③ 当脱模快时，塑件易被挤缩，其高度尺寸较难保证。

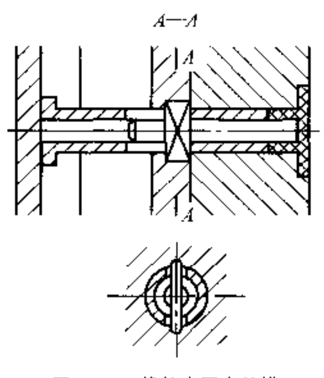


图 3.144 推管上开有长槽

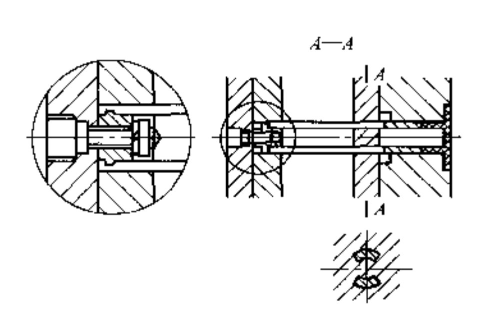


图 3.145 不用型芯固定板

④ 一般推管外径与配合孔间的配合，在直径较大时按 H8/f8（或 H7/f7）设计；直径较小时则按 H8/f7（或 H7/f7）设计。推管内径与型芯间配合在直径较大时按 H8/h7 设计，直径较小时可按 F7/h6 进行设计。推管与型芯的配合长度一般为推出行程 S+（3～5）mm，推管与配合滑孔的配合长度可取配合孔径 D 的 0.8～2 倍，非配合部位孔径取 D+（0.5～1）mm。各配合部位的表面粗糙度不大于 Ra 0.63μm～Ra 1.25μm。

（3）推管组合形式及系列尺寸

推管的材料通常选用 T8A 钢，其淬火硬度为 45HRC～50HRC。推管结构组合形式如图 3.146 所示，结构有Ⅰ型和Ⅱ型两种形式。

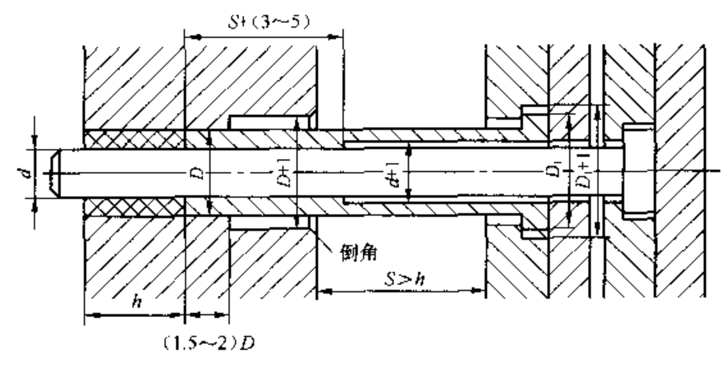


图 3.146 推管结构组合形式

3．推件板设计

对于一些深腔、薄壁和不允许有推杆痕迹的塑件，可采用推板推出机构。这种结构脱件平稳，推力均匀，推出面积大，不需设复位装置，但当型芯周边外形复杂时，推板型孔加工困难。

（1）形式

① 利用配合斜度脱模，如图 3.147 所示，推板与型芯的配合部位有 3°～5°的配合斜度，以便于脱模。

② 用配合凸阶脱模，如图 3.148 所示，型芯和推板的配合部位有 0.1mm～0.2mm 的台阶，以免脱件时划伤型芯。

③ 增加进气装置，如图 3.149 所示，为了避免塑件内形成真空，减少推出塑件困难或损

坏，设置了增加进气的装置，它适于大型壳形、深腔、薄壁等类塑件。

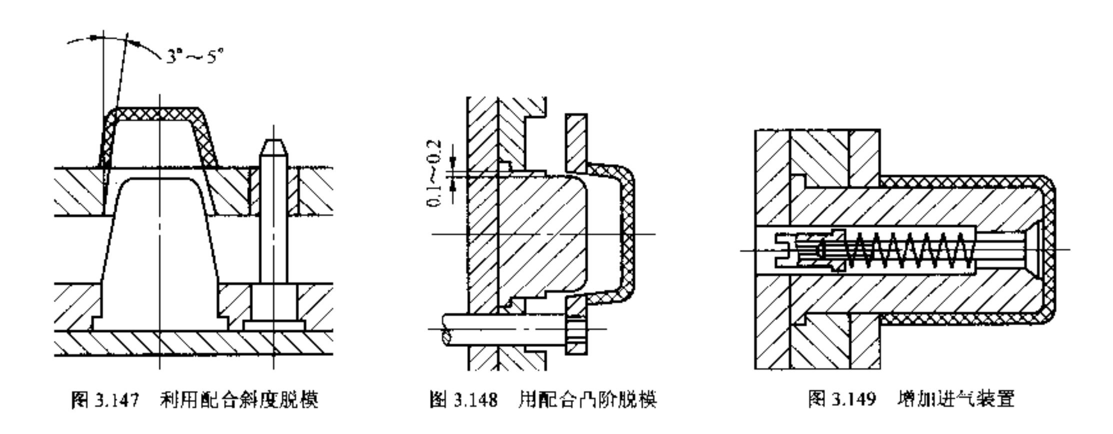


图 3.147　利用配合斜度脱模　　图 3.148　用配合凸阶脱模　　图 3.149　增加进气装置

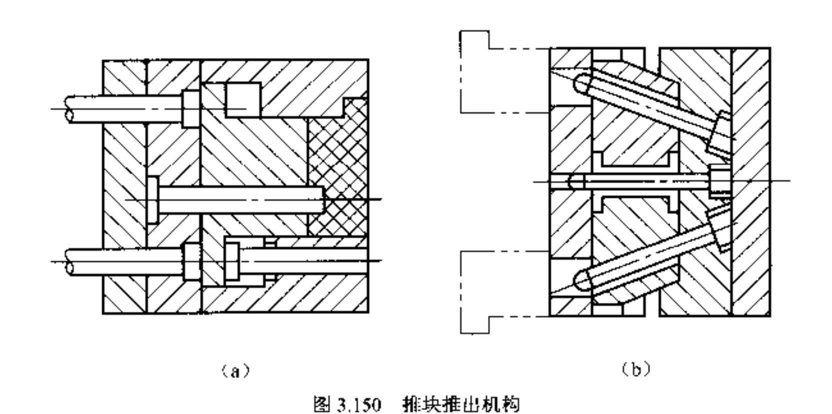
（2）设计要点

① 配合面应淬火，推板的推出距离不得大于导柱长度。

② 配合间隙一般为 IT8 级的间隙配合。

4．推块推出机构

如图 3.150 所示，对于非圆形面积较大的塑件，用组成型腔的镶块推出塑件；对于骨架类塑件，利用斜滑块开模时脱出塑件。



（a）　　（b）

图 3.150　推块推出机构

5．气压推出机构

在型芯上设置压缩空气推出阀门，使型芯和塑件之间吹入 0.5MPa～0.6MPa 的压缩空气，使塑件脱模。这种脱模机构的加工比较简单，适合于深腔、薄壁塑件。

（1）形式

① 弹簧控制式，如图 3.151 所示，当塑件成型时，靠弹簧力将阀门闭合，塑件固化后，通入压缩空气，弹簧压缩启开阀门，使塑件脱落。

② 利用推板和压缩空气，如图 3.152 所示，它适用于成型薄壁、深腔和型芯之间容易产生真空的塑件，或脱模时易损坏的塑件，尤其对聚乙烯等软塑料制成的塑件。这种脱模机构的特点是结构简单，脱模效果好。

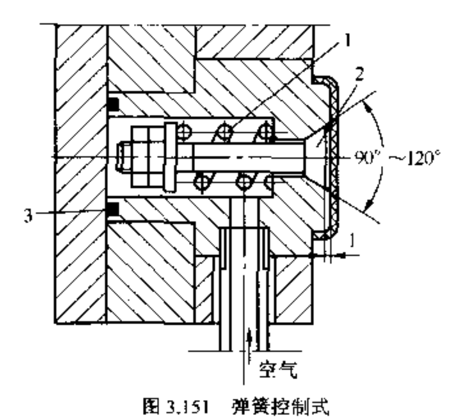


图 3.151　弹簧控制式

1—弹簧；2—阀杆；3—密封圈

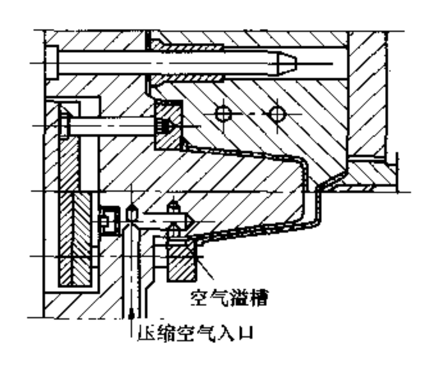


图 3.152　利用推板和压缩空气

（2）设计要点

① 对于容易跑掉空气的塑件（如带有型孔的塑件），不能用压缩空气推出。

② 空气阀门一般用 90°～120° 锥面配合，并需要有 1mm 直壁配合面。

6．多元件综合推出机构

在某些情况下由于塑件的特殊要求，必须使用两种以上的推出零件推出塑件，即多元件综合推出，如图 3.153 所示，考虑放置嵌件和凸起轴的脱模阻力。

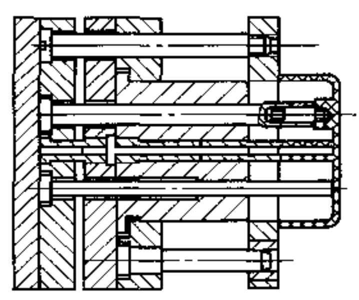


图 3.153　多元件综合推出机构

3.7.3　二级推出机构

一级推出机构是只需一次动作就能使塑料制品脱模的机构，如前述的推杆推出、推管推出、推板推出都是一级推出机构的典型例子。通常，制品的推出动作都是一次完成的，但对于需要推件板参与制品的部分成型时，制品会附着在推件板上，一次推出动作将难于将制品从型腔中推出或者制品不能自动脱落，这时必须再增加一次推出动作才能使制品脱落。有时由于塑件在脱模方向上过高，推杆过长时有失稳定或塑件的动模侧形状复杂，脱模力大，而塑件局部壁厚较薄，不能使用截面较大的推杆，为了避免一级脱模推出使塑件和推杆受力过大，必须再增加一级脱模推出动作，以保证质量；有时因塑件形状特殊或生产自动化的需要，在一级脱模推出动作后，塑件仍难于从型腔中取出或不能自动脱落时，也采用二级脱模推出。这种两次推出动作来完成一个制品脱模的机构，称为二级推出机构。

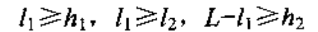
1．单推出板二级推出机构

单推出板二级推出机构是指该推出机构中只设置了一组推板和推杆固定板，而另一次推出则是靠一些特殊零件的运动来实现的。

（1）U 形限制架式二级推出机构

如图 3.154 所示，两个对称摆杆 5 和 14 用转动销轴 1 固定在推杆底板 3 上，并受固定在动模座 16 上的 U 形限制架 15 限制。开模后，两个摆杆通过固定在凹模型板 9 上的柱销 12，

推动该型板移动 l_1 距离，使塑件与凸模 10 脱开，实现一级推出动作（在一级推出过程中，推杆 11 与摆杆同步运动，也发挥推出作用）；当一级推出运动结束后，拉板 8 将会通过限位螺钉 7 阻止凹模型板继续运动，与此同时，两个摆杆也将脱出 U 形限制架限制，在柱销 12 作用下朝两边张开，于是推杆 11 继续发挥推出作用，在凹模型板停止运动的状态下，将塑件从凹模型腔中脱出，从而实现二级推出动作。两个对称摆杆在合模过程中，依靠拉簧 13 复位，推出行程与塑件高度的关系如下：



$$l_1 \geqslant h_1,\ l_1 \geqslant l_2,\ L-l_1 \geqslant h_2$$

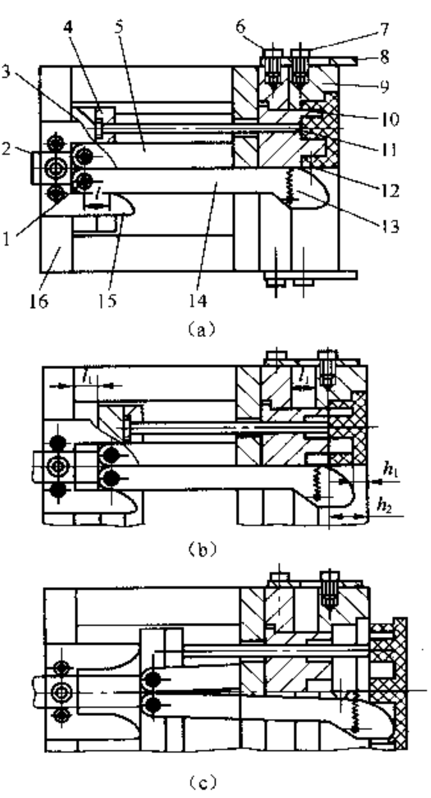


图 3.154　U 形限制架式二级推出机构

1—销轴；2—顶出杆；3—推杆底板；4—推杆固定板；5—摆杆；6—限位螺钉；7—限位螺钉；8—拉板；9—凹模型板；10—凸模；11—推杆；12—柱销；13—拉簧；14—摆杆；15—U 形限制架；16—动模座

（2）摆杆拉钩式二级推出机构

如图 3.155 所示，当开模一定距离后，固定在定模上的拉钩 9 首先带动摆杆 6 向内转动，驱使动模型板 12 移动 l_1 距离，使塑件与型芯 5 脱开，实现一级推出动作；继续开模，拉钩 9 不再驱动摆杆，在限位螺钉 13 带动下，动模型板 12 跟随动模整体一起运动，并失去对塑件的推出作用，当推杆底板 2 与注射机推顶装置接触后，推杆 11 开始将塑件从凹模型腔中推出，完成二级推出动作。弹簧 7 是为了拉住摆杆 6，使其在推杆进行二级推出的过程中，能始终顶住凹模型板，以避免摆杆向外转动而妨碍合模时拉钩复位。推出行程与塑件高度的关系如下：$l_1 \geqslant h_1$，$L \geqslant l_1+h_2$

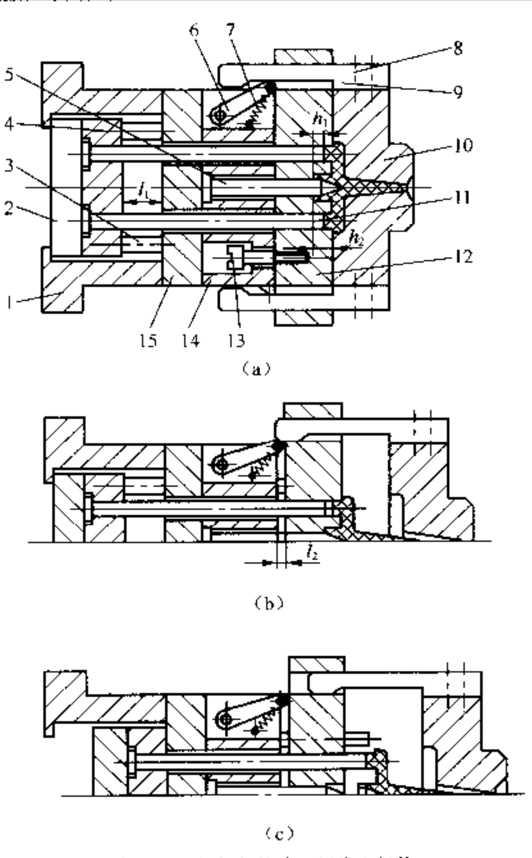
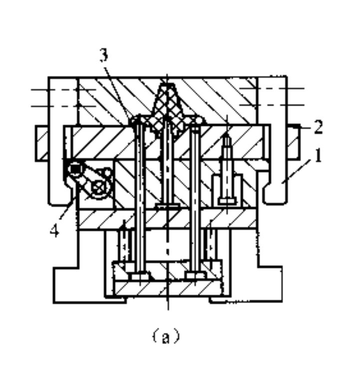


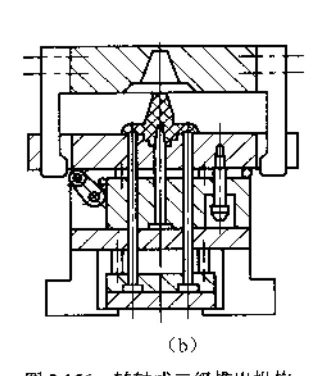
图 3.155 摆杆拉钩式二级推出机构

1—模座；2—推杆底板；3—导柱；4—推杆固定板；5—型芯；6—摆杆；7—弹簧；8—拉板；9—拉钩；10—定模座板；11—推杆；12—动模型板；13—限位螺钉；14—模板；15—垫板

(3) 转轴式二级推出机构

如图 3.156 所示，图（a）所示为闭模状态，图（b）所示为当开模到一定距离，拉块 1 接触转轴 4 推动脱件板 2 完成一级脱模。图（c）所示为一级推出后用推杆 3 推出塑件，完成塑件二级脱模。





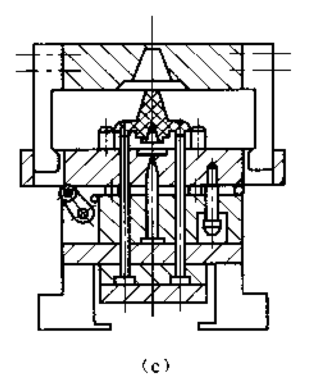


图 3.156 转轴式二级推出机构

1—拉块；2—脱件板；3—推杆；4—转轴

（4）弹簧式二级推出机构

如图 3.157 所示，当开模一段距离后，动模侧的凹模型板 7 首先在弹簧 8 的作用下移动 l_1 距离，把塑件从凸模上刮下（即一级推出，图示机构未使制品与凸模完全分离，但设计一级推出行程时，应注意使 l_1 能保证二者之间完全松动），然后通过注射机推顶装置（图中未画出）带动推杆机构，把塑件从凹模型板中脱出。推出行程与制品深度的关系如下：

$$l_2 \geqslant h，L = l_1 + l_2 \geqslant h$$

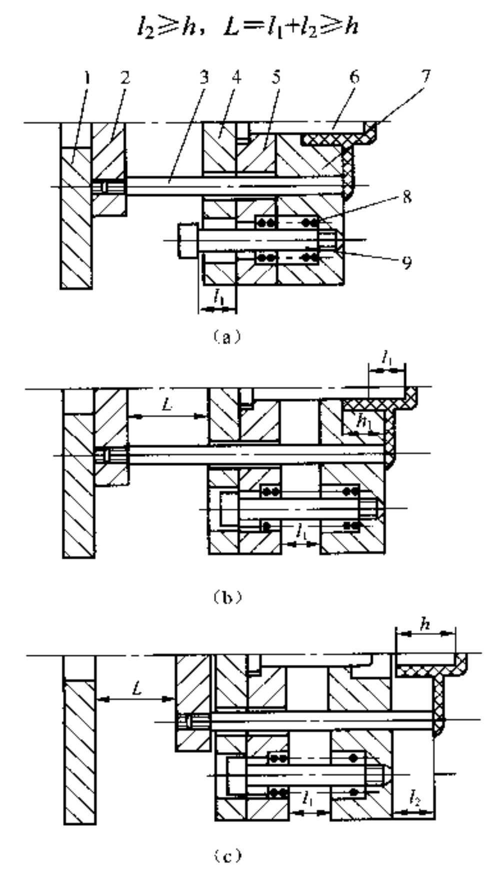


图 3.157　弹簧式二级推出机构

1—推杆底板；2—推杆固定板；3—推杆；4—模板；5—型芯固定板；6—型芯；7—凹模型板；8—弹簧；9—定距螺钉

设计这种机构时，还应注意设置复位杆和定距分型机构，是为了保证弹簧 8 在开模初期不马上发挥作用，以避免塑件在一级推出作用下滞留到定模一侧。弹簧式二级推出脱模机构的特点是结构比较简单紧凑，但弹簧容易失效，需定期更换；否则，推出动作将不可靠。

2．双推出板二级推出机构

双推出板二级推出机构是利用两块推出板，分别带动一组推出零件实现二级推出的机构。

（1）斜楔拉钩式二级推出机构

如图 3.158 所示，图（a）所示为开模时塑件尚未推出状态，图（b）所示为推出板 2、3 同时动作完成一级脱模，图（c）所示为实现塑件二级脱模。

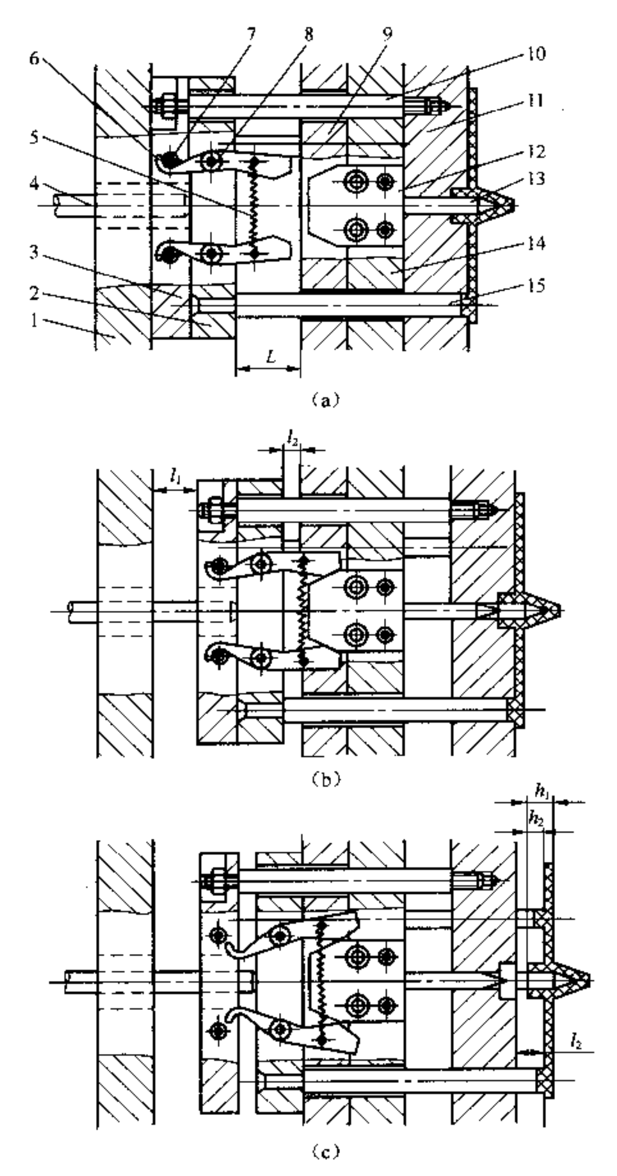


图 3.158 斜楔拉钩式二级推出机构

1—动模板；2—二级推出底板；3—一级推出底板；4—推杆；5—拉簧；6—拉钩；7—柱销；8—转销；9—动模座板；10—推杆；11—凹模型板；12—斜楔；13—型芯；14—型芯固定板；15—推杆

安装在二级推出底板 2 上的拉钩 6 在合模状态下和二级推出动作开始之前，通过柱销 7 将二级推出底板 2 和一级推出底板 3 拉合在一起；开模后，在注射机推杆 4 驱动二级推出底板 2 和推杆 15 进行初期运动时，一级推出底板通过推杆 10 驱使凹模型板 11 与推杆同步运动，于是塑件在凹模型板与推杆的共同作用下与型芯 13 脱开，实现一级推出动作；继续开模，安装在型芯固定板 14 上的斜楔 12 将压迫两个拉钩张开，以迫使一级和二级两块推出底板脱开联接；继续开模，一级推出底板以及推杆和凹模型板均停止运动，注射机推杆单独驱动二级推出底板和推杆运动，将塑件从凹模型板中脱出，从而完成二级推出动作。在图示机构中，

推出行程与塑件高度的关系为：$l_1 \geqslant h_1$，$l_2 \geqslant h_2$，$L=l_1+l_2$

（2）八字摆杆式二级推出机构

如图 3.159 所示，该机构负责把塑件从凸模 6 上脱出凹模型板 7，通过推杆 9 与一级推出底板 10 相连，负责把塑件从凹模型板中脱出的推杆 5 与二级推出底板 2 相连，两块推出底板之间还有一个定距块 1，使推杆能够与凹模型板同步运动。开模一定距离后，在注射机推顶装置作用下，一级推出底板通过推杆 9 带动凹模型板移动 s_1 距离，使塑件与凸模脱开，实现一级推出动作；在一级推出过程中，由于定距块的传力作用，二级推出底板和推杆均与一级推出底板和凹模型板同步运动，推杆负责把塑件从凹模内的凹槽中推出；一级推出动作完成后，摆杆 11 在一级推出底板作用下，经过一定角度转动，已经开始和二级推出底板接触；继续开模时，一级推出底板将通过摆杆使二级推出底板和推杆发生超前于它自身和凹模型板的推出运动，于是塑件将在推杆作用下从凹模型板中脱出，从而实现二级推出动作。图示中推出行程、塑件高度和其他有关几何要素之间的关系如下。

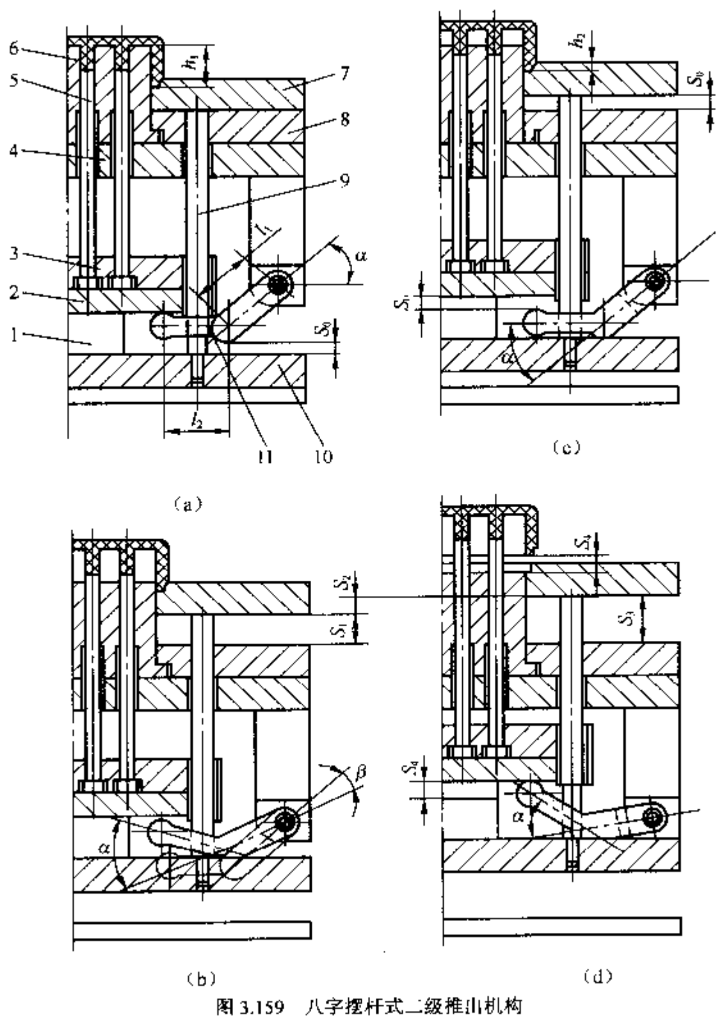


图 3.159　八字摆杆式二级推出机构

1—定距块；2—二级推出底板；3—推杆固定板；4—模板；5—推杆；6—凸模；7—凹模型板；8—型芯固定板；9—推杆；10—一级推出底板；11—摆杆

摆杆转角α一般可取 45°

$$l_1 \geqslant h_1, \ l_2 \geqslant h_2$$

$$L=l_1+l_2$$

$$S_1+S_2 \geqslant h_1, \ S_1+S_2=S_3=l_1\sin\alpha+S_0$$

超前量 $S_4 \geqslant h_2$

$$S_4=l_2\sin\alpha-S_0, \ S_0=l_2\sin\beta, \ l_2=\frac{S_0+S_4}{\sin\alpha}$$

3．气动和液压二级推出机构

如图 3.160 所示，图（a）所示是利用推杆带动动模侧的型腔板进行一级推出，将塑件从凸模上刮下，而后利用压缩空气再将塑件吹出型腔板实现二级推出脱模。图（b）所示是一个可使用液压二级推出脱模机构的动模模架的示例，其中一级推出利用液压缸带动推板实现，二级推出依靠机械推出装置完成。

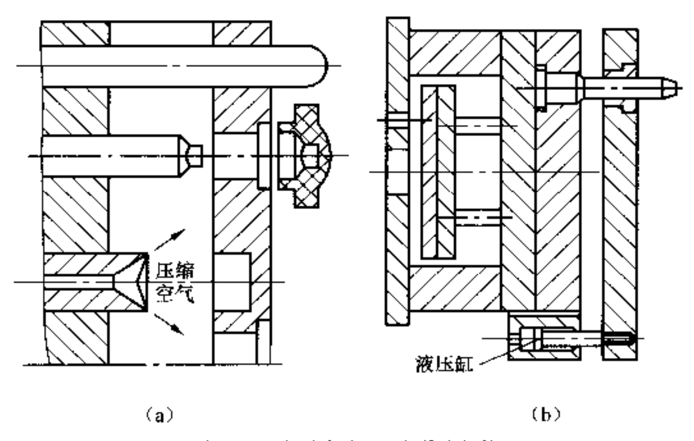


图 3.160　气动和液压二级推出机构

3.7.4　其他推出机构

1．双向顺序推出机构

在设计模具时，原则上应力求使塑件留在动模一边。但有时由于塑件形状比较特殊，开模时会使塑件留于定模一边或者留于动定模的可能性都存在，这样就应考虑在定模上设置推出机构或采用定、动模双向顺序推出机构，即定距分型拉紧机构分型推出。

（1）弹簧式顺序推出机构

如图 3.161 所示，开模时弹簧 6 始终压住定模推板 3，迫使从定模 A 分型面处首先分型，从而使塑件从型芯 5 上脱出而留在动模板 2 内，直至限位螺钉 4 端部与定模板 7 接触，定模分型结束。动模继续后退，主分型面 B 处分型，在推出机构工作时，推管 1 将塑件从动模型腔内推出。

（2）摆钩式顺序推出机构

如图 3.162 所示，图（a）设置了拉紧装置，由压块 1、挡块 2 和摆钩 3 组成，弹簧的作

用是使摆钩处在拉紧挡块的位置。开模时首先从 A 面分型，开模到一定距离后，摆钩 3 在压块 1 的作用下，产生摆动而脱钩，定模在拉板 4 的限制下停止运动，从 B 面分型。图（b）的动作原理与图（a）相同，用滚轮 6 代替压块 1 的作用，定距装置调转了方向安装；为了便于脱模拉钩拉住动模上的挡块，角度α取 1°～3°为宜。

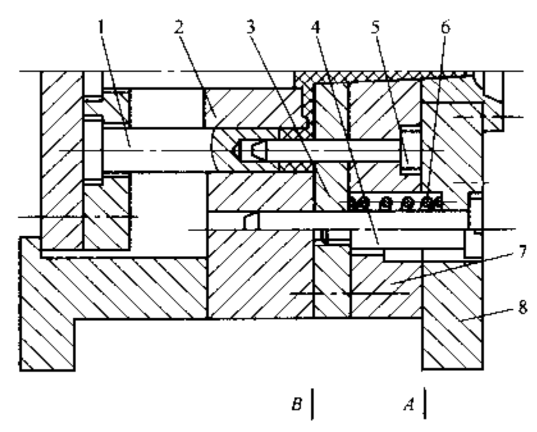


图 3.161　弹簧式顺序推出机构

1—推管；2—动模板；3—定模推板；4—限位螺钉；5—型芯；6—弹簧；7—定模板；8—定模座板

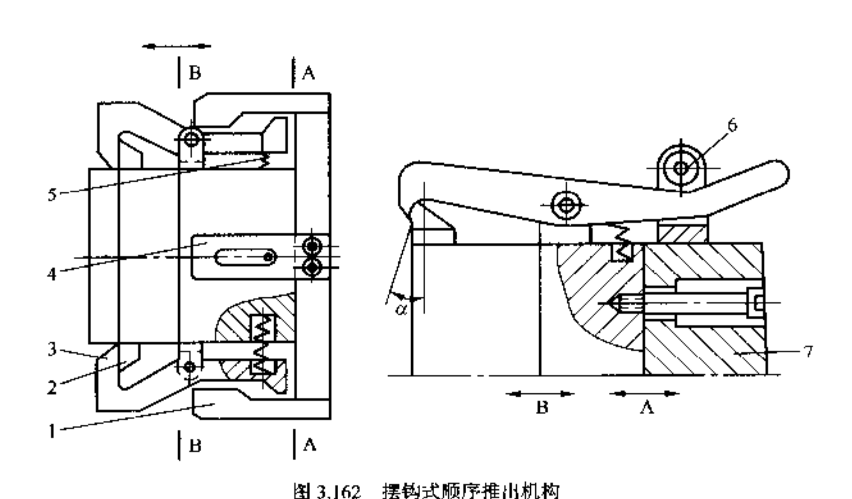


图 3.162　摆钩式顺序推出机构

1—压块；2—挡块；3—摆钩；4—拉板；5—拉簧；6—滚轮；7—定距板

图 3.163 是摆钩式顺序推出机构的另一种形式，动作原理同上。

（3）滑块式顺序推出机构

如图 3.164 所示，开模时，由于拉钩 2 钩住滑块 3，因此定模板 5 与定模座板 7 在 A 处先分型，塑件从定模型芯上脱出，随后压块 1 压住滑块 3 内移而脱开拉钩 2，由于限位拉板 6 的定距作用，A 分型面分型结束。继续开模时，主分型面 B 分型，塑件包在动模型芯上留在动模里，最后推出机构工作，推杆将塑件从动模型芯上推出。

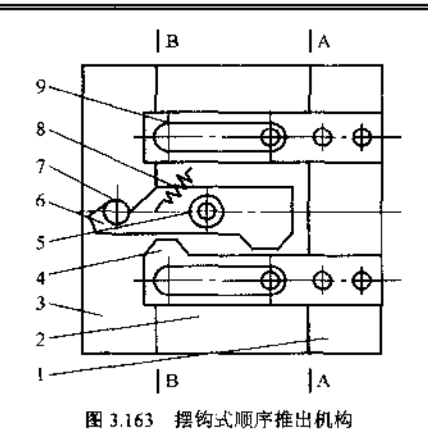


图 3.163 摆钩式顺序推出机构

1—定模座板；2—动模板；3—动模模板；4—压块；5—转销；6—摆钩；7—限位销；8—拉簧；9—导滑板

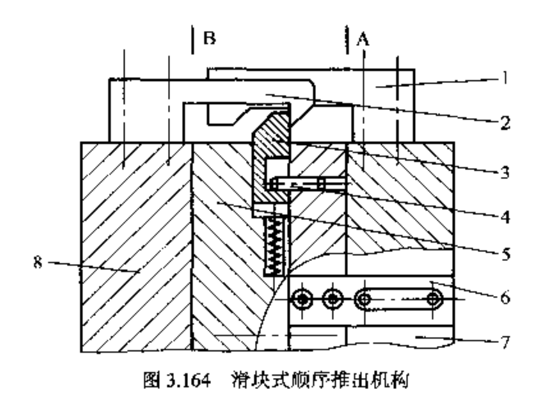


图 3.164 滑块式顺序推出机构

1—压块；2—拉钩；3—滑块；4—限位销；5—定模板；6—限位拉板；7—定模座板；8—动模座板

2．浇注系统凝料的推出机构

除了点浇口和潜伏浇口外，其他形式的浇口在脱模时，其浇注系统凝料与塑件是连成一体被顶出模外的，然后手工将它与塑件分离。而点浇口和潜伏浇口在模具的定模部分，为了将浇注系统凝料取出，要增加一个分型面，即三板式模具，分型后一般是人工将点浇口凝料取出，因此模具结构简单，但生产率低，劳动强度大。为适应自动化的要求，提高生产率，可采用浇注系统凝料自动推出机构。

（1）单型腔点浇口浇注系统凝料的自动推出

如图 3.165 所示，利用活动浇口套和定模推板推出。浇口套 7 以 H8/f 8 的间隙配合安装在定模座板 5 中，外侧有压缩弹簧 6，如图（a）所示。当注射完毕注射机喷嘴离开浇口套 7 后，压缩弹簧 6 的作用使浇口套与主流道凝料分离（松动）。开模后，定模推板 3 先与定模座板 5 分型，主流道凝料从浇口套中脱出，当限位螺钉 4 起限位作用时，此过程分型结束，而定模推板 3 与定模板 1 开始分型，直至限位螺钉 2 限位，如图（b）所示。接着，动定模的主分型面分型，这时，定模推板 3 将浇口凝料从定模板 1 中拉出并在自重作用下自动脱落。

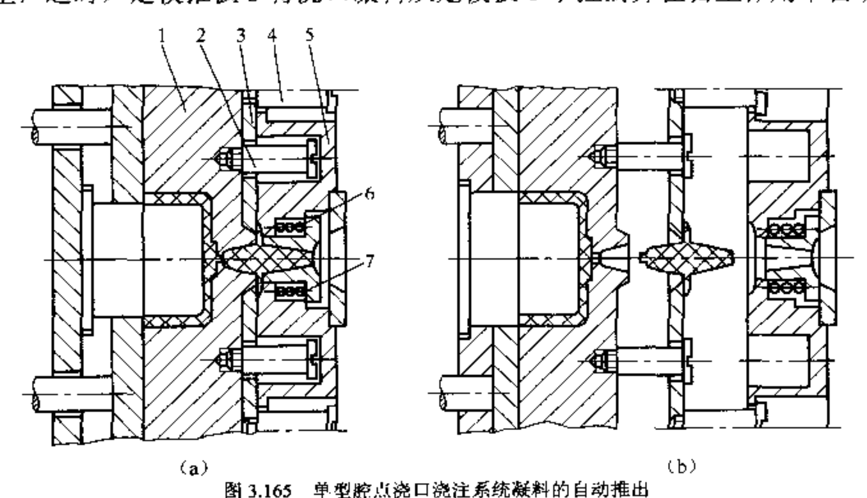


图 3.165 单型腔点浇口浇注系统凝料的自动推出

1—定模板；2—限位螺钉；3—定模推板；4—限位螺钉；5—定模座板；6—压缩弹簧；7—浇口套

（2）多型腔点浇口浇注系统凝料的自动推出

① 利用拉料杆拉断点浇口凝料

如图 3.166 所示，开模时，模具首先在动、定模主分型面分型，浇口被拉料杆 4 拉断，浇注系统凝料留在定模中。动模后退一定距离后，在拉板 7 的作用下，分流道推板 6 与定模板 2 分型，浇注系统凝料脱离定模板。继续开模时，由于拉杆 1 和限位螺钉 3 的作用，使分流道推板 6 与定模座板 5 分型，浇注系统凝料分别从浇口套及点浇口拉料杆上脱出。

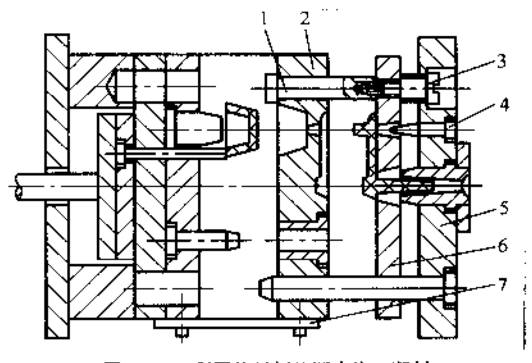


图 3.166　利用拉料杆拉断点浇口凝料

1—拉杆；2—定模板；3—限位螺钉；4—拉料杆；5—定模座板；6—分流道推板；7—拉板

② 利用浇道侧凹拉断点浇口凝料

如图 3.167 所示，图（a）为合模状态。开模时，定模板 3 与定模座板 4 之间首先分型，与此同时，主流道凝料被拉料杆 1 拉出浇口套 5，而分流道端部的斜孔限制浇道凝料，使浇注系统凝料在浇口处与塑件拉断，并被带出定模板 3。当分型到定距拉杆 2 起限位作用时，主分型面分型，塑件被带往动模，而浇注系统凝料脱离拉料杆 1 而自动脱落，如图（b）所示。

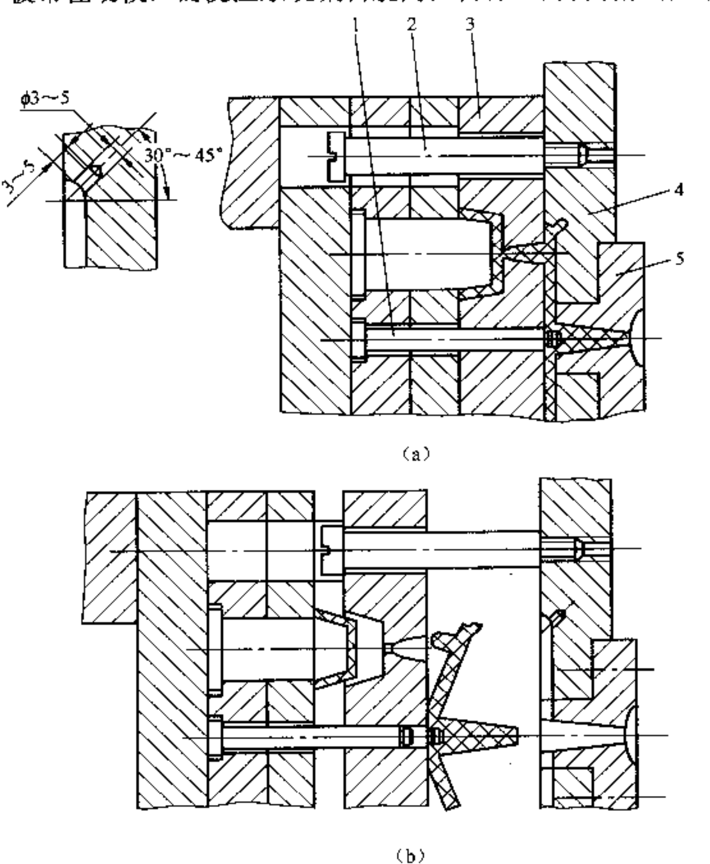


图 3.167　利用浇道侧凹拉断点浇口凝料

1—拉料杆；2—定距拉杆；3—定模板；4—定模座板；5—浇口套

③ 利用拉料杆拉断点浇口凝料

如图 3.168 所示，图（a）为合模状态。开模时，中间板 3 与定模推板 4 首先分型，主流道凝料在定模板上反锥度穴的作用下被拉出浇口套 5，浇口凝料连在塑件上留于定模板 2 内。当定距拉杆 1 的中间台阶面接触定模板 2 以后，定模板 2 与定模推板 4 分型，定模推板 4 将点浇口凝料从定模板中带出，如图（b）所示。

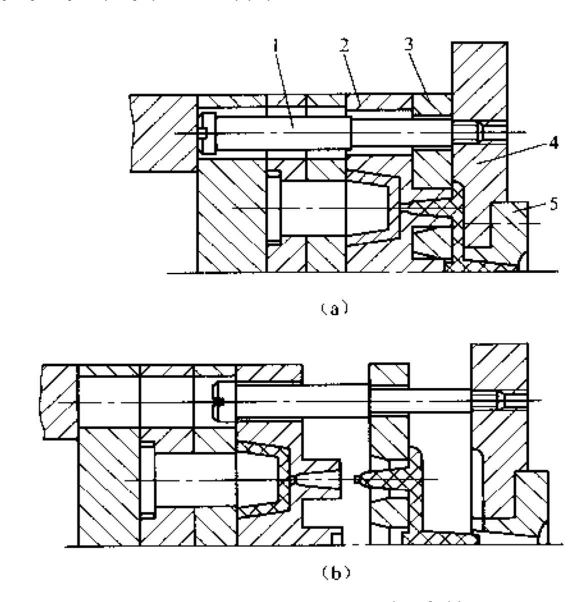


图 3.168 利用拉料杆拉断点浇口凝料

1—定距拉杆；2—定模板；3—中间板；4—定模推板；5—浇口套

3．带螺纹塑件的脱模

带螺纹塑件形状特殊，塑件的脱模方式有多种，在设计塑件结构时应考虑塑件止转，塑件外形或端面上需带有防转花纹或图案，模具上也要有相应的防转机构来保证。

带螺纹塑件的脱落方式可分为强制脱螺纹、利用活动螺纹型芯与螺纹型环脱模、塑件或模具的螺纹部分模内旋转脱模的方式三种。

（1）强制脱螺纹

利用塑件的弹性强制顶出脱模，或采用硅橡胶螺纹型芯强制顶出收缩脱模。这种模具结构简单，用于精度要求不高，小批量生产的塑件。

（2）利用活动螺纹型芯或螺纹型环脱模

① 活动螺纹型芯或型环模外脱模

这种方式中，螺纹型芯或型环被设计成活动镶块，每次开模，先将螺纹型芯或型环按一定配合和定位放入模具型腔内，分型后，将螺纹型芯或型环随塑件一起推出模外，然后再由人工用专用工具将螺纹型芯或型环旋下。这种脱模方式的结构简单，但生产率较低，劳动强度大，只适用于小批量生产的塑件。

② 组合型芯或型环模内脱模

采用组合型芯或型环可利用斜滑块或斜导杆侧向分型抽芯机构的方式脱模，但塑件内螺纹为整圈内螺纹时不适合采用此内侧抽芯机构。这种形式的脱模机构结构可靠简单，塑件上

存在分型线。

（3）模内旋转脱模

① 手动脱螺纹

如图 3.169 所示，塑件成型后，在开模前先用专用工具将螺纹旋出，然后再分型和推出塑件。

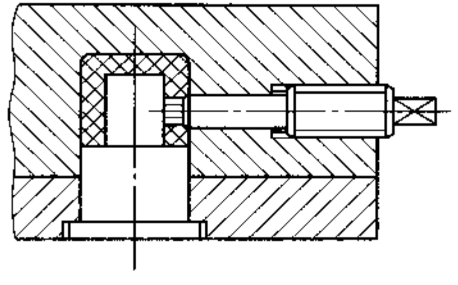


图 3.169 手动脱螺纹

② 机动脱螺纹

如图 3.170 所示，开模时，安装于定模板上的传动齿条 1 带动齿轮 2，通过轴 3 及齿轮 4、5、6、7 的传动，使螺纹型芯按旋出方向旋转，拉料杆 9（头部有螺纹）也随之转动，从而使塑件与浇注系统凝料同时脱出，塑件依靠浇口止转。设计时，应注意螺纹型芯及拉料杆上螺纹的旋向应相反，而螺距应相同。

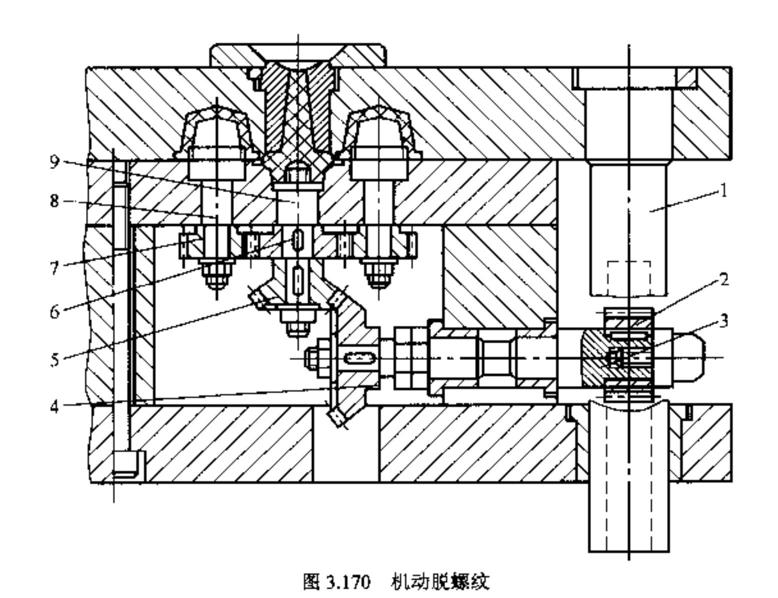


图 3.170 机动脱螺纹

1—齿条；2—齿轮；3—轴；4，5—斜齿轮；6，7—齿轮；8—型芯；9—拉料杆

3.8 模架零部件的设计及选用

塑料注射模的模架及零部件现已标准化和系列化，因此在设计时，只需根据塑料零件的结构、尺寸及使用情况进行选用即可。

3.8.1 合模导向装置的设计

合模导向装置是保证动、定模或上、下模合模时，正确地定位和导向的零件。合模导向装置主要有导柱导向和锥面定位两种形式，通常采用导柱导向定位，如图 3.171 所示。

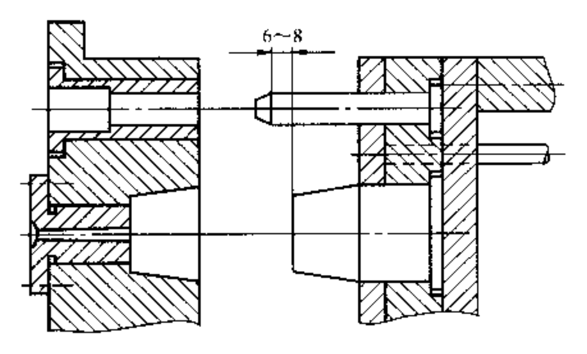


图 3.171 导柱导向装置

1．导向装置的作用

（1）定位作用 模具闭合后，保证动、定模或上、下模位置正确，保证型腔的形状和尺寸精度。导向装置在模具装配过程中也会起到定位作用，便于模具的装配和调整。

（2）导向作用 合模时，首先是导向零件接触，引导动、定模或上、下模准确闭合，避免型芯先进入型腔造成成型零件的损坏。

（3）承受一定的侧向压力 塑料熔体在充型过程中可能产生单向侧向压力或受成型设备精度低的影响，导柱将承受一定的侧向压力，以保证模具的正常工作。

2．导向零件的设计原则

（1）导向零件应合理均匀地分布在模具的周围或靠近边缘的部位，其中心至模具边缘应有足够的距离，以保证模具的强度，防止压入导柱和导套时发生变形。

（2）根据模具的形状和大小，一副模具一般需要 2～3 个导柱。对于小型模具，无论圆形或矩形的，通常只用两个直径相同且对称分布的导柱（见图 3.172（a））；如果模具的凸模与型腔合模有方位要求时，则用两个直径不同的导体（见图 3.172（b））。对于大中型模具，为了简化加工工艺，可采用 3 个或 4 个直径相同的导柱，但数量分布不对称，或导柱位置对称，但中心距不同（见图 3.172（c））。对于多分型面的模具，最好采用阶梯形导柱（见图 3.173），阶梯数要与分型面数相等，每阶高度要比它所固定的模板厚度低约 0.5 mm，每阶直径与直径之差，推荐选用 2mm，如ϕ12、ϕ10、ϕ8 等。

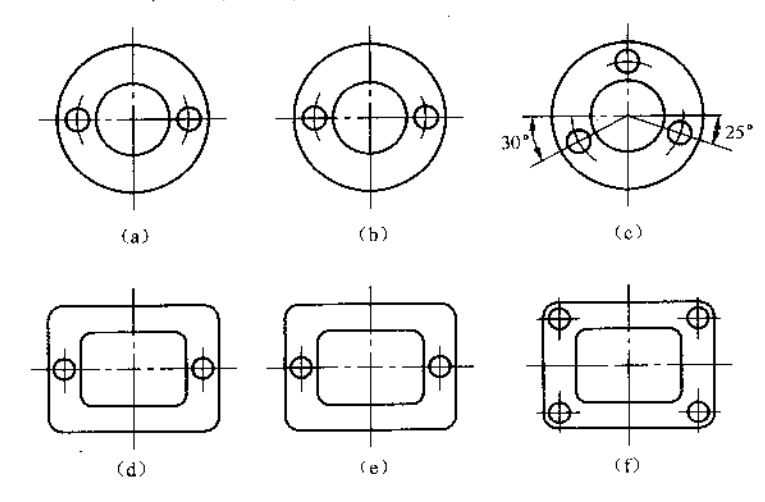


图 3.172 导柱的布置形式

（3）为了便于塑料制品脱模，导柱通常安装于定模或动模。

（4）当上模板与下模板采用合模并加工时，导柱装配处直径应与导套外径相等。

（5）为保证分型面很好地接触，导柱和导套在分型面处应制有承屑槽，一般都是削去一个面（见图 3.174（a）），或在导套的孔口倒角（见图 3.174（b））。

（6）各导柱、导套（导向孔）的轴线应保证平行，否则将影响合模的准确性，甚至损坏导向零件。

3．导柱的结构、特点及用途

导柱的结构形式随模具结构大小及塑料制品生产批量的不同而不同。目前在生产中常用的结构有以下几种。

（1）台阶式导柱　注射模常用的标准台阶式导柱有带头（GB 4169.4—84）和有肩的（GB 4169.5—84）两大类，压缩模也采用类似的导柱。图3.175所示为台阶式导柱导向装置。在小批量生产时，带头导柱通常不需要导套，导柱直接与模板导向孔配合（见图3.175（a）），也可以与导套配合（见图3.175（b）），带头导柱一般用于简单模具。有肩导柱一般与导套配合使用（见图3.175（c）），导套外径与导柱直径相等，便于导柱固定孔和导套固定孔的加工，如果导柱固定板较薄，可采用有肩导柱，其固定部分有两段，分别固定在两块模板上（见图3.175（d））。有肩导柱一般用于大型或精度要求高、生产批量大的模具。根据需要，以上导柱的导滑部分可以加工出油槽。

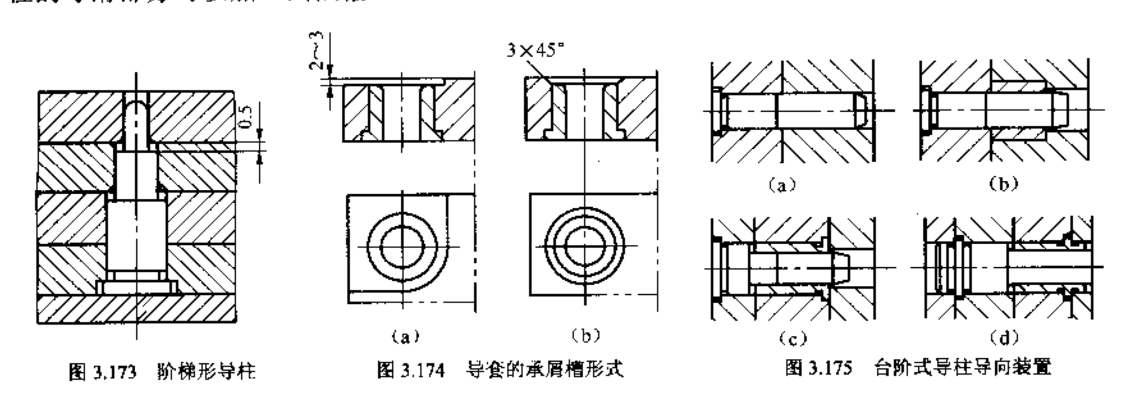


图3.173　阶梯形导柱　　图3.174　导套的承屑槽形式　　图3.175　台阶式导柱导向装置

（2）铆合式导柱　结构如图3.176所示，图3.176（a）所示的结构，导柱的固定不够牢固，稳定性较差，为此可将导柱沉入模板1.5mm～2mm，如图3.176（b）、（c）所示。铆合式导柱结构简单，加工方便，但导柱损坏后更换麻烦，主要用于小型简单的移动式模具。

（3）合模销　结构如图3.177所示，在垂直分型面的组合式型腔中，为了保证锥模套中的拼块相对位置的准确性，常采用两个合模销。开模时，为了使合模销不被拔出，其固定端部分采用H7/k6过渡配合，另一滑动端部分采用H9/f9间隙配合。

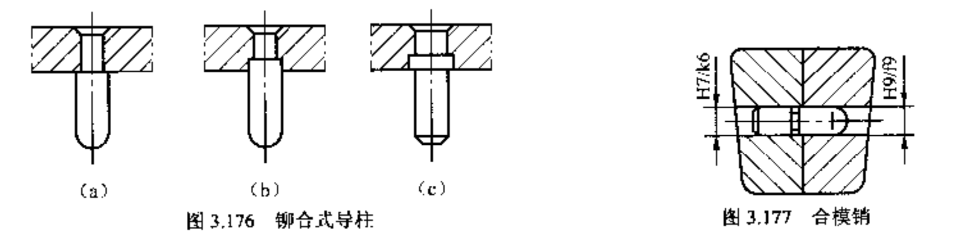


图3.176　铆合式导柱　　图3.177　合模销

4．导套和导向孔的结构、特点及用途

（1）导套　注射模常用的标准导套有直导套（GB 4169.2—84）和带头导套（GB 4169.3—84）两大类，压缩模也可采用类似这种结构的导套。导套的固定方式如图3.178所示，图

3.178（a）、（b）、（c）为直导套的固定方式，结构简单，制造方便，用于小型简单模具；图 3.178（d）为带头导套的固定方式，结构复杂，加工较难，主要用于精度要求高的大型模具。对于大型注射模或压缩模，为防止导套被拔出，导套头部安装方法如图 3.178（c）所示；如果导套头部无垫板，则应在头部加装盖板，如图 3.178（d）所示。根据生产需要，也可在导套的导滑部分开设油槽。

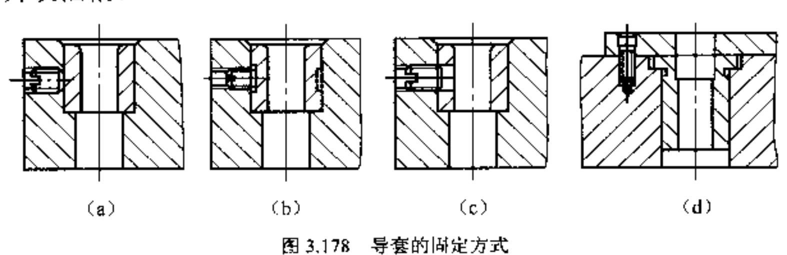


图 3.178　导套的固定方式

（2）导向孔　导向孔直接开设在模板上，它适用于生产批量小、精度要求不高的模具。导向孔应做成通孔（见图 3.179（b）），如加工成盲孔（见图 3.179（a）），则不但因孔内空气无法逸出，对导柱的进入有反压缩作用，而且落入孔内的废料也不易清除，有碍导柱导入。如果模板很厚，导向孔必须做成盲孔时，则应在盲孔侧壁增加通孔或排除废料的孔（见图 3.179（c）），或在导柱侧壁及导向孔开口端磨出排气槽。

在穿透的导向孔中，除按其直径大小需要一定长度的配合外，其余部分孔径可以扩大以减少配合精加工面，并改善其配合状况。

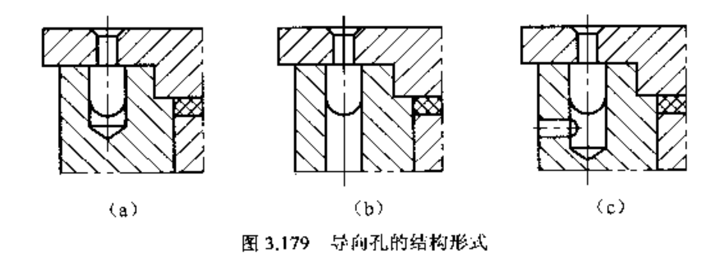


图 3.179　导向孔的结构形式

5．锥面定位结构

导柱导套导向定位，虽然对中性好，但毕竟由于导柱与导套有配合间隙，导向精度不可能高。当要求对合精度很高或侧压力很大时，必须采用锥面导向定位的方法。

对于尺寸较大的模具，必须采用动、定模模板各自带锥面的导向定位机构与导柱导套联合使用。对于圆形型腔有两种导向定位设计方案，如图 3.180 所示。

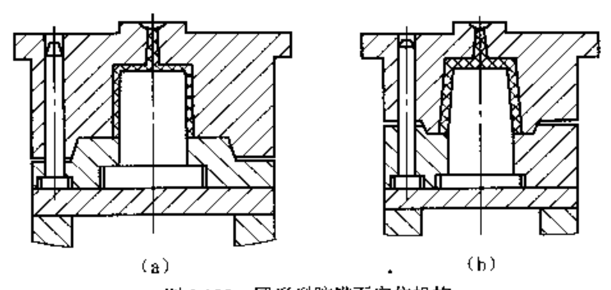


图 3.180　圆形型腔锥面定位机构

图 3.180（a）所示的是型腔模板环抱动模板的结构，成型时，在型腔内塑料的压力下，型腔侧壁向外开会使定位锥面出现间隙；图 3.180（b）所示的是动模板环抱型腔模板的结构，成型时，定位锥面会贴得更紧，是合理的选择。锥面角度取小值有利于定位，但会增大所需的开模阻力，因此锥面的单面斜度一般可在 5°～20°范围内选取。

3.8.2 模架的主要组成零件及标准

塑料模的模架包括动模座板、定模座板、动模板、定模板、支承板、垫块等零件。注射模的典型模架组合如图 3.181 所示。塑料模的模架零件起装配、定位和安装作用。

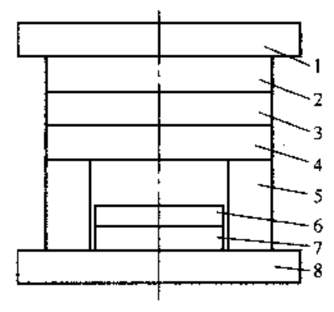


图 3.181 典型模架组合图

1—定模座板；2—定模板；3—动模板；4—支承板；5—垫块状；6—推杆固定板；7—推板；8—动模座板

1．动模座板和定模座板

动模座板与定模座板是动模和定模的基座，也是固定式塑料模与成型设备连接的模板。因此，座板的轮廓尺寸和固定孔必须与成型设备上模具的安装板相适应，即移动模板与固定模板或上压板与下压板相适应。座板还必须具有足够的强度和刚度。

注射模的动模座板和定模座板尺寸可参照 GB4169.8—84 选用。

2．动模板和定模板

动模板和定模板的作用是固定凸模或型芯、凹模、导柱、导套等零件，又称固定板。由于模具的类型及结构的不同，固定板的工作条件也有所不同。对于移动式压缩模，开模力作用在固定板上，因而固定板应有足够的强度和刚度。为了保证凹模、型芯等零件固定稳固，固定板应有足够的厚度。

动模板和定模板与型芯或凹模的基本连接方式如图 3.182 所示。

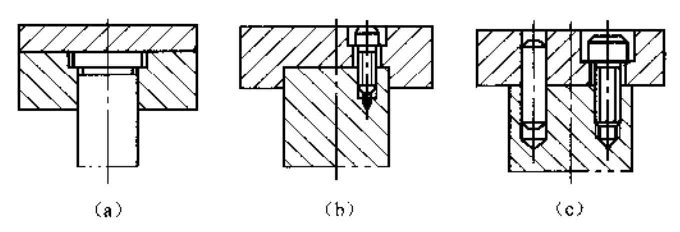


图 3.182 固定板与型芯的基本连接方式

固定板的尺寸可参照标准模板（GB4169.8—84）选用。

3．支承板

支承板是垫在固定板背面的模板。它的作用是防止型芯或凸模、凹模、导柱、导套等零件脱出，增强这些零件的稳固性并承受型芯和凹模等传递而来的成型压力。

支承板与固定板的连接方式如图 3.183 所示，图 3.183（a）、（b）、（c）三种方式为螺钉连接，适用于推杆分模的移动式模具和固定式模具，为了增加连接强度，一般采用圆柱头内六角螺钉；图 3.183（d）为铆钉连接，适用于移动式模具，缺点是拆装麻烦，修理不便。

支承板应具有足够的强度和刚度，以承受成型压力而不过量变形，它的强度和刚度计算方法与型腔底板的相似。

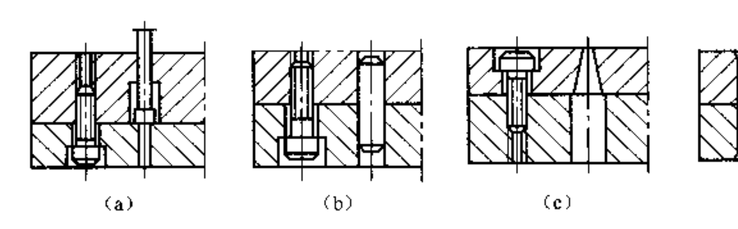


图 3.183　支承板与固定板的连接方式

支承板的尺寸也可参照标准模板（GB4169.8—84）选用。

4．垫块

垫块的作用是使动模支承板与动模座板之间形成用于推出机构运动的空间，或调节模具总高度以适应成型设备上模具安装空间对模具总高的要求。

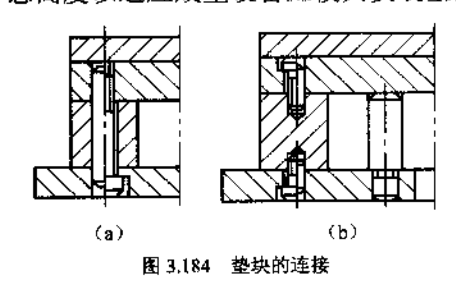


图 3.184　垫块的连接

垫块与支承板和座板的组装方法如图 3.184 所示。所有垫块的高度应一致，否则会由于负荷不匀而造成动模板损坏。

对于大型模具，为了增强动模的刚度，可在动模支承板和动模座板之间采用支承柱（见图 3.184(b)）。这种支承柱起辅助支承作用。如果推出机构设有导向装置，则导柱也能起到辅助支承作用。

垫块和支承柱的尺寸可参照有关标准（GB4169.6—84）选用。

5．标准模架选用

在模具设计时，应根据塑件图样及技术要求，分析、计算、确定塑件形状类型、尺寸范围（型腔投影面积的周界尺寸）、壁厚、孔形及孔位、尺寸精度及表面性能要求和材料性能等，以制定塑件成型工艺，确定进料口位置、塑件重量以及每模塑件数（型腔数），并选定注射机的型号及规格。选定的注射机必须满足塑件注射量以及成型压力等要求。为保证塑件质量，还必须正确选用标准模架，以节约设计和制造时间保证模具质量。选用标准模架的程序及要点如下。

（1）模架厚度 H 和注射机的闭合距离 L　对于不同型号及规格的注射机，不同结构形式的锁模机构具有不同的闭合距离。模架厚度与闭合距离的关系为

$$L_{\min} \leqslant H \leqslant L_{\max}$$

（2）开模行程与定、动模分开的间距与顶出塑件所需行程之间的尺寸关系　设计时需计算确定，在取出塑件时，注射机开模行程应大于取出塑件所需的定、动模分开的间距，而模具顶出塑件距离应小于顶出液压缸的额定顶出行程。

（3）选用的模架在注射机上的安装　安装时需注意：模架外形尺寸不应受注射机拉杆的间距影响；定位孔径与定位环尺寸需配合良好；注射机顶出杆孔的位置和顶出行程是否合适；喷嘴孔径和球面半径是否与模具的浇口套孔径和凹球面尺寸相配合；模架安装孔的位置和孔径与注射机的移动模板及固定模板上的相应螺孔相配。

（4）选用模架应符合塑件及其成型工艺的技术要求　为保证塑件质量和模具的使用性能及可靠性，需对模架组合零件的力学性能，特别是它们的强度和刚度进行准确的校核及计算，以确定动、定模板及支承板的长、宽、厚度尺寸，从而正确地选定模架的规格。

中小型模架的尺寸可参照有关标准（GB/T12556.1—1990），大型模架的尺寸可参照有关标准（GB/T12555.1—1990）。

3.9　模具温度调节系统设计

模具温度是指模具型腔和型芯的表面温度。模具温度是否合适、均一与稳定，对塑料熔体的充模流动、固化定型、生产效率及塑件的形状、外观和尺寸精度都有重要的影响。模具中设置温度调节系统的目的是要通过控制模具的温度，使注射成型塑件有良好的产品质量和较高的生产效率。

3.9.1　模具温度调节系统的重要性

注射入模具中的热塑性熔融树脂，必须在模具内冷却固化才能成为塑件，所以模具温度必须低于注射入模具型腔内的熔融树脂的温度，即达到 T_g（玻璃化温度）以下的某一温度范围。为了提高成型效率，一般通过缩短冷却时间的方法来缩短成型周期。由于树脂本身的性能特点不同，所以不同的塑料要求有不同的模具温度。

对于粘度低、流动性好的塑料，例如聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、聚酰胺等，因成型工艺要求模温不太高，所以常用水对模具冷却。有时为了进一步缩短在模内的冷却时间，也可使用冷凝处理后的冷水进行冷却（尤其是夏季在南方）。对于粘度高、流动性差的塑料，例如聚碳酸脂、聚砜、聚甲醛、聚苯醚和氟塑料等，为了提高充型性能，考虑到成型工艺要求有较高的模具温度，因此经常需要对模具进行加热。对于粘流温度 T_f 或 T_m 较低的塑料，一般需要用水或冷水对模具冷却，而对于高粘流温度和高熔点的塑料，可用温水进行模温控制。对于热固性塑料，模温要求在 150℃～200℃，必须对模具加热。对于流程长、壁厚较小的塑件，或者粘流温度或熔点虽然不高但成型面积很大的塑件，为了保证塑料熔体在充模过程中不至温降太大而影响充型，可设置加热装置对模具进行预热。对于小型薄壁塑件，且成型工艺要求模温不太高时，可以不设置冷却装置而靠自然冷却。

常用塑料的成型温度与模具温度见表 3.14。

表 3.14　　常用塑料的成型温度与模具温度（℃）

树脂名称	成型温度	模具温度	树脂名称	成型温度	模具温度
低压聚乙烯	190～240	20～60	聚苯乙烯	170～280	20～70
高压聚乙烯	210～270	20～60	AS	220～280	40～80
聚丙烯	200～270	20～60	ABS	200～270	40～80
尼龙 6	230～290	40～60	有机玻璃	170～270	20～90
尼龙 66	280～300	40～80	硬聚氯乙烯	190～215	20～60
尼龙 610	230～290	36～60	软聚氯乙烯	170～190	20～40
聚甲醛	180～220	60～120	聚碳酸脂	250～290	90～110

设置温度调节装置后，有时会给注射生产带来一些问题，例如，采用冷水调节模温时，大气中水分易凝聚在模具型腔的表壁，影响塑件表面质量，而采用加热措施后，模内一些间

隙配合的零件可能由于热胀而使间隙减小或消失，从而造成卡死或无法工作的现象，这些问题在设计时应予以注意。

综上所述，正确合理地设计模具温度调节系统，对塑件质量和生产效率有很大影响，因此，设计模具温度调节系统是必要的。

3.9.2 模具温度调节系统设计的基本要求

1．温度控制系统应具备的功能是，能使型腔和型芯的温度保持在规定的范围之内，并保持均匀的模具温度；以便成型工艺得以顺利进行，并有利于制品尺寸稳定，变形小，表面质量好，物理和机械性能良好。

具有不同性能的塑料，在成型时对模具温度的要求是不同的。粘度低的塑料，宜采用较低的模具温度；粘度高的塑料，必须考虑熔体充模和减少制品应力开裂的需要，模具温度较高为宜；对于结晶型塑料，模具温度必须考虑对结晶度及物理、化学和力学性能的影响。

2．根据塑料品种、成型方法及模具尺寸大小，正确确定模温的调节方法。对于热固性塑料的压缩成型和压注成型，一般在较高的温度下成型，要求模具温度较高，因而必须设置加热系统对模具进行加热；对于热塑性塑料和热固性塑料的注射模则应根据塑料品种和模具尺寸大小等不同情况进行温度调节。

3．温度调节系统要尽量做到结构简单，加工容易，成本低廉。

3.9.3 模具加热装置设计

模具的加热方式有很多，如热水、热油、水蒸汽和电加热等。目前普遍采用的是电加热温度调节系统。如果加热介质采用各种流体，那么其设计方法类似于冷却水道的设计，这里不再详述。

1．电加热的主要方式

（1）电热丝直接加热　将选择好的电热丝放入绝缘瓷管中装入模板的加热孔中，通电后就可对模具进行加热。这种加热方法结构简单，成本低廉，但电热丝与空气接触后易氧化，寿命较短，同时也不太安全。

（2）电热棒加热　电热棒是一种标准的加热元件，它是由具有一定功率的电阻丝和带有耐热绝缘材料的金属密封管组成，使用时只要将其插入模板上的加热孔内通电即可，如图3.185所示。电加热棒加热的特点是安装和使用都很方便。

（3）电热圈加热　将电热丝绕制在云母片上，再装夹在特制的金属外壳中，电热丝与金属外壳之间用云母片绝缘，如图 3.186 所示，将它围在模具外侧对模具进行加热。其特点是结构简单，更换方便，但缺点是耗电量大，这种加热装置更适合于压缩模和压注模。

2．总功率

电加热装置加热模具的总功率可用下式计算：

$$P=\frac{MC_P(\theta_2-\theta_1)}{3600\eta t}$$

式中，P—加热模具所需的总功率，kW；

M—模具的质量，kg；

C_p—模具材料的定压比热容，kJ/(kg・K)；

θ_1—模具初始温度，℃；

θ_2—模具要求加热后的温度，℃；

η—加热元件的效率，约 0.3～0.5；

t—加热时间，h。

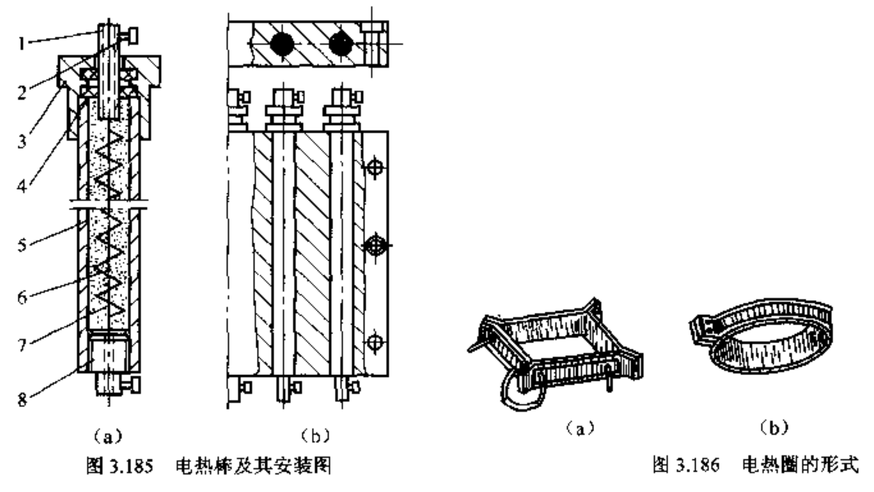


图 3.185　电热棒及其安装图

1—接线柱；2—螺钉；3—帽；4—垫圈；
5—外壳；6—电阻丝；7—石英沙；8—塞了

图 3.186　电热圈的形式

电加热装置加热模具的总功率也可根据经验，先查表 3.15，取得单位质量模具所需的电功率 q，然后乘以模具质量即可得到所需的电功率。

表 3.15　　单位质量模具加热所需的电功率（W / kg）

模具类型	q 值	
	电热棒加热	电热圈加热
大型（＞100kg）	35	60
中型（40～100kg）	30	50
小型（＜40kg）	25	40

总的电功率确定之后，可根据电热板的尺寸确定电热棒的数量，进而计算每根电热棒的功率。设电热棒采用并联法，则

$$P_1 = \frac{P}{n}$$

式中，P_1—每根电热棒的功率，W；

n—电热棒的根数。

根据 P_1，查手册选择适当尺寸的电热棒，也可先选择电热棒的适当功率再计算电热棒的根数。

3.9.4　模具冷却装置设计

设置冷却效果良好的冷却水回路的模具是缩短成型周期、提高生产效率最有效的方法。

如果不能实现均一的快速冷却，则会使塑件内部产生应力而导致产品变形或开裂，所以应根据塑件的形状、壁厚及塑料的品种，设计与制造出能实现均一、高效的冷却回路。下面介绍冷却装置设计的基本原则。

1．冷却装置设计的基本原则

（1）冷却水道应尽量多、截面尺寸应尽量大　如图 3.187 所示，型腔表面的温度与冷却水道的数量、截面尺寸及冷却水的温度有关。图 3.187（a）所示的 5 个较大的水道孔比图 3.187（b）所示的 2 个较小的水道孔冷却效果好得多。图 3.187（a）所示的模具表面温差较小，塑件冷却均匀，成型的塑件变形小，尺寸精度容易保证。

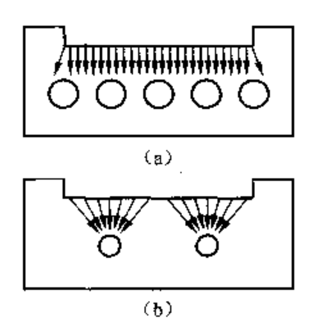


图 3.187　模具内的温度分布

（2）冷却水道离模具型腔表面的距离　当塑件壁厚均匀时，冷却水道到型腔表面最好距离相当，但当塑件壁厚不均匀时，厚处冷却水道到型腔表面的距离应近一些，间距也可适当小些，一般水道孔边至型腔表面距离为 10mm～15mm。

（3）水道出入口的布置　水道出入口的布置应该注意两个问题，即浇口处加强冷却和冷却水道的出入口温差应尽量小。塑料熔体充填型腔时，浇口附近温度最高，距浇口越远，温度就越低，因此浇口附近应加强冷却，其办法是冷却水道的入口处要设置在浇口的附近。图 3.188 分别为侧浇口、多点浇口、直接浇口的冷却水道的布置形式示意图。

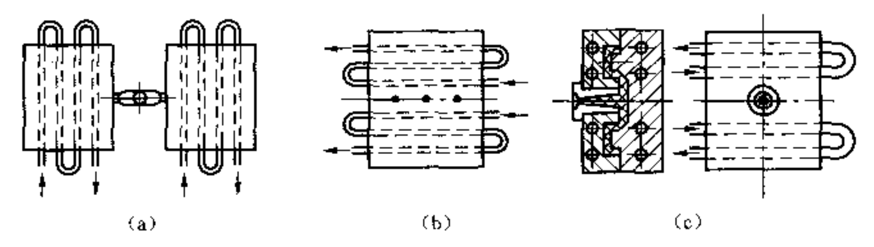


图 3.188　冷却水道出、入口的布置形式示意图

为了缩小出入口冷却水的温差，应根据型腔形状的不同进行水道的排布。图 3.189（b）的形式比图 3.189（a）的形式要好，既降低了出入口温差，又提高了冷却效果。

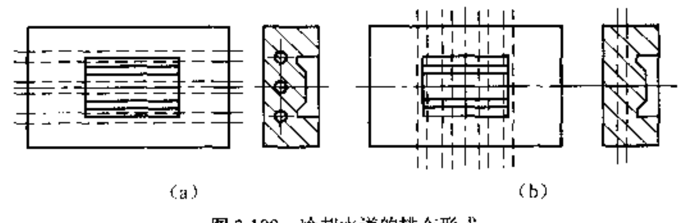


图 3.189　冷却水道的排布形式

（4）冷却水道应沿着塑料收缩方向设置　对于聚乙烯、聚丙烯等收缩率大的塑料，冷却水道应尽量沿着塑料收缩的方向设置。

（5）冷却水道的布置应避开塑件易产生熔接痕的部位，塑件易产生熔接痕的地方，本身的温度比较低，如果在该处再设置冷却水道，会更加促使熔接痕的产生。

2．常见冷却系统的结构

冷却水道的形式是根据塑件形状而设置的，塑件的形状是多种多样的，因此，对于不同形状的塑件，冷却水道的位置与形状也不一样。

（1）浅型腔扁平塑件　对于扁平的塑件，在使用侧浇口的情况下，常采用动、定模两侧与型腔等距离钻孔的形式设置冷却水道，如图 3.190（a）所示；在使用直接浇口的情况下，可采用如图 3.190（b）所示的形式。

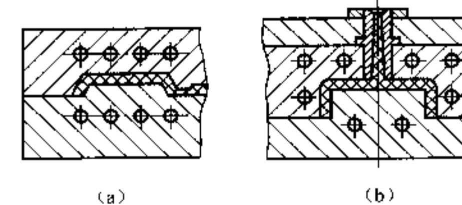


图 3.190　浅型腔扁平塑件的冷却水道

（2）中等深度的塑件　采用侧浇口进料的中等深度的壳形塑件，可在凹模底部采用与型腔表面等距离钻孔的形式设置冷却水道。在凸模中，由于容易贮存热量，所以要加强冷却，按塑件形状铣出矩形截面的冷却环形水槽，如图 3.191（a）所示；如凹模也要加强冷却，则可采用如图 3.191（b）所示的结构铣出冷却环形槽的形式；凸模上的冷却水道也可采用图 3.191（c）所示的形式。

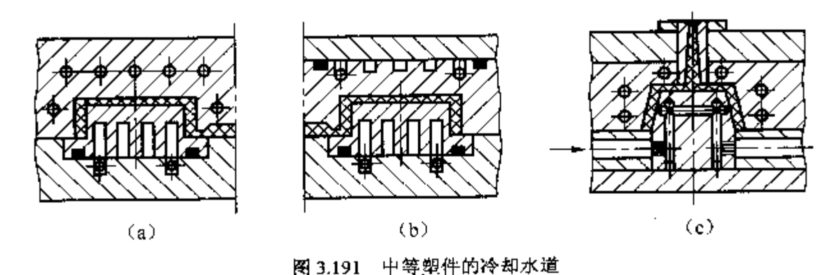


图 3.191　中等塑件的冷却水道

（3）深型腔塑件　深型腔塑件模具，最困难的是凸模的冷却问题。图 3.192 所示的大型深型腔塑件模具，在凹模一侧，其底部可从浇口附近通入冷却水，沿矩形截面水槽后流出，其侧部开设圆形截面水道，围绕模腔一周之后从分型附近的出口排出。凸模上加工出螺旋槽，并在螺旋槽内加工出一定数量的盲孔，而每个盲孔用隔板分成底部连通的两个部分，从而形成凸模中心进水、外侧出水的冷却回路。这种隔板形式的冷却水道加工麻烦，隔板与孔配合要求高，否则隔板易转动而达不到要求。隔板常用铣车削成型（与孔过渡配合）后把两侧铣削掉或线切割成型的办法制成，然后再插入孔中。

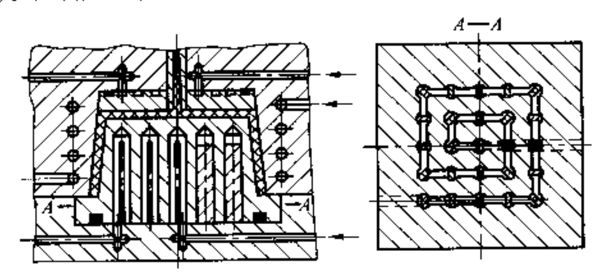


图 3.192　大型深型腔塑件的冷却水道

对于大型特深型腔塑件，其模具的凹模和凸模均可采用在对应的镶拼件上分别开设螺旋槽的形式，如图 3.193 所示，这种形式的冷却效果特别好。

（4）细长塑件　空心细长塑件需要使用细长的型芯，在细长的型芯上开设冷却水道是比较困难的。当塑件内孔相对比较大时，可采用喷射式冷却，如图 3.194 所示，即在型芯的中心制出一个盲孔，在孔中插入一根管子，冷却水从中心管子流入，喷射到浇口附近型芯盲孔的底部对型芯进行冷却，然后经过管子与凸模的间隙从出口处流出。对于型芯更加细小的模具，可采用间接冷却的方式进行冷却。图 3.195（a）所示为冷却水喷射在铍铜合金制成的细小型芯的后端，靠铍铜合金良好的导热性能对其进行冷却；图 3.195（b）所示为在细小型芯中插入一根与之配合接触很好的铍铜杆，在其另一端加工出翅片，用它来扩大散热面积，提高水流的冷却效果。

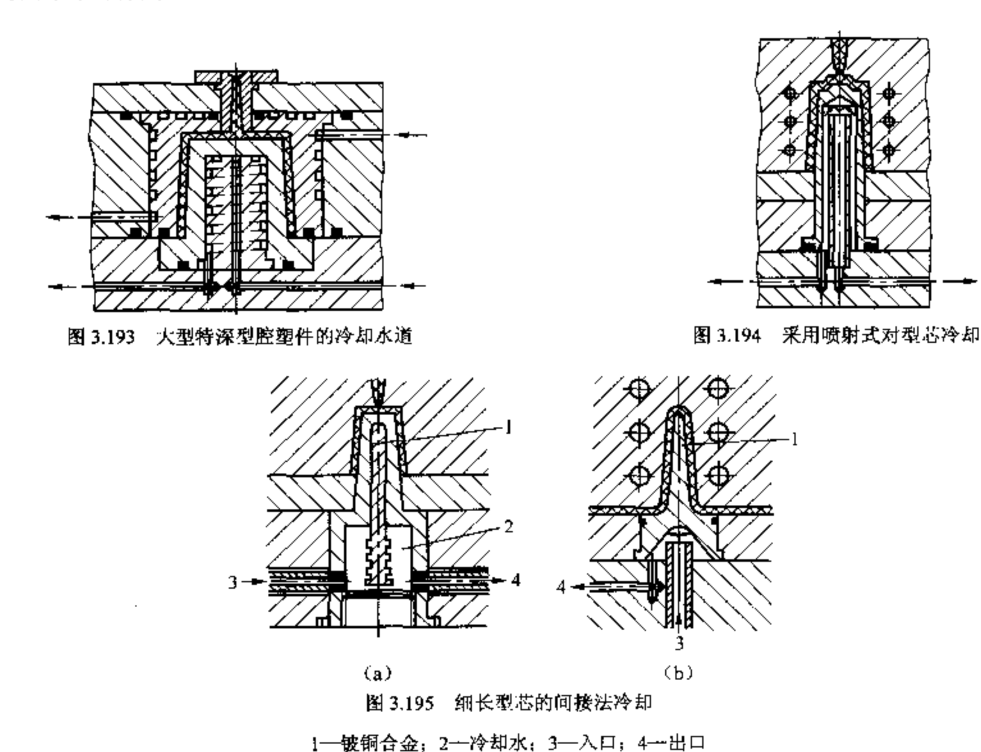


图 3.193　大型特深型腔塑件的冷却水道

图 3.194　采用喷射式对型芯冷却

（a）　（b）

图 3.195　细长型芯的间接法冷却

1—铍铜合金；2—冷却水；3—入口；4—出口

3．冷却水体积流量的计算

塑料树脂传给模具的热量与自然对流散发到空气中的模具热量、辐射散发到空气中的模具热量及模具传给注射机热量的差值，即为用冷却水扩散的模具热量。假如塑料树脂在模内释放的热量全部由冷却水传导的话，即忽略其他传热因素，那么模具所需的冷却水体积流量则可用下式计算

$$q_v = \frac{mq}{60\rho c(t_1 - t_2)}$$

式中，q_v—冷却水体积流量，m^3/min；

m—单位时间注射入模具内的树脂质量，kg/h；

q—单位时间内树脂在模具内释放的热焓量，J/kg（查表 3.16）；

c—冷却水的比热容，J/（kg・K）；

ρ—冷却水的密度，kg/m^3；

t_1—冷却水出口处温度，℃；

t_2—冷却水陶冶口处温度，℃。

表 3.16　　常用塑料在凝固时所放出的热焓量（kJ/kg）

塑　料	q	塑　料	q
高压聚乙烯	583.33～700.14	尼龙	700.14～816.48
低压聚乙烯	700.14～816.48	聚甲醛	420.00
聚丙烯	583.33～700.14	醋炭纤维素	289.38
聚苯乙烯	280.14～349.85	丁酸-醋炭纤维素	259.14
聚氯乙烯	210.00	ABS	326.76～396.48
有机玻璃	285.85	AS	280.14～349.85

求出所需冷却水体积后，可根据处于湍流状态的流速、流量与管道直径的关系，确定模具上的冷却水道孔径，见表 3.17。

表 3.17　　冷却流道的稳定湍流速度、流量、流道直径

冷却流道直径 d	速度 v	q_v	冷却流道直径 d	速度 v	q_v
8	1.66	5.0×10^{-3}	15	0.87	9.2×10^{-3}
10	1.32	6.2×10^{-3}	20	0.66	12.4×10^{-3}
12	1.10	7.4×10^{-3}	25	0.53	15.5×10^{-3}

注：在 R_e=10000 和水温 10℃的条件下（R_e为雷诺系数）。

冷却水道孔径确定之后，再求出冷却水道总的传热面积，就可以根据冷却水道的排列方式计算出水道的数量。鉴于总的传热面积计算较繁琐，而且结果与实际往往出入较多，设计时可参考有关资料。

思考与练习题

1．典型的注射模一般由哪几部分组成？各部分的作用是什么？

2．按注射模的结构特征分，注射模主要有哪几种类型？

3．什么叫分型面？其基本形式有哪几种？选择分型面的一般原则是什么？

4．注射模的普通浇注系统由哪几部分组成?各部分的作用是什么?

5．如何设计普通浇注系统的主流道?为什么主流道部分要单独设计主流道衬套?

6．分流道的截面形状有哪些?常用的是哪几种?

7．浇口的形式有哪些?各有什么优缺点?分别适用于什么情况?浇口位置的选择一般应考虑哪些问题?

8．冷料穴的作用是什么?带拉料杆的冷料穴有哪些结构形式?

9．带钩形拉料杆和球形头拉料杆的安装和使用有什么不同?

10．注射模的排气装置有什么作用?有哪几种排气形式?

11．设计带螺纹塑件的脱模机构时应注意哪些问题?

12．看懂图 3.1，写出各零部件的作用。

13．设计注射模时，为什么要对锁模力校核，如何校核？

14．经校核注射机注射量不够，在成型时将会出现什么问题？

15．单分型面和双分型面注射模的区别是什么？

16．什么情况下需要注射模有斜导柱的侧向抽芯？

17．注射机喷嘴与注射模主流道的尺寸关系如何？

18．注射模与注射机的安装形式有几种？

19．温度调节系统的作用是什么？模具温度调节系统设计有什么要求？

20．单分型面注射模温度调节和排气系统是如何组成的？

21．注射模复位杆的作用是什么？为什么要设置推出机构的复位装置？复位装置常见的类型有哪些？

22．注射模的导柱和导套的作用是什么？

23．什么是注射模的推出机构？推出机构分为几类？

24．什么是推杆推出机构？推杆适用的场合是什么？

25．推管推出机构的优点和适用的场合是什么？

26．推件板推出机构的优点和适用的场合是什么？

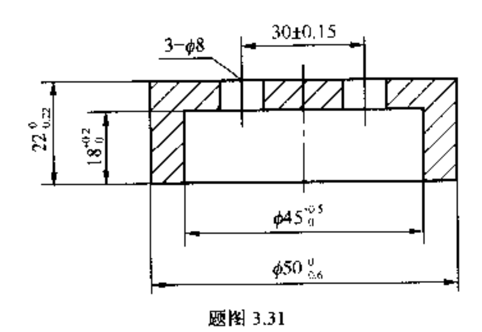
27．什么塑料制品上的螺纹可采用拼合型芯或型环脱模方式？

28．双向顺序推出机构的工作顺序如何？

29．采用模内旋转方式脱螺纹塑件上为什么必须带有止转的结构？

30．导柱式双向顺序推出机构有何特点？

31．如题图 3.31 所示，材料为低密度 PE，产量为 20 万件，塑料制品交货期为 15 天。试：(1) 确定分型面。(2) 确定型腔数量及其型腔布置（排列）方式。(3) 确定浇注系统（主浇道、分浇道及浇口的形状、位置、大小）和排气系统（排气的方法、排气槽位置、大小）(4) 选择顶出（顶杆、顶管、推板、组合式顶出）方式。(5) 计算成型零件工作尺寸。(6) 选择成型模具类型。(7) 确定模具零件厚度及外形尺寸，外形结构及所有连接、定位、导向件位置。(8) 选择成型设备的规格。



题图 3.31

第4章

压缩成型模具

学习目标

1．掌握压缩成型模具的动作过程和各组成机构的功能，溢式压缩模和半溢式压缩模的特点。

2．掌握凸模与加料室的配合形式，塑件在模具内加压方向的选择。

3．掌握凸凹模配合的结构形及加料室尺寸的计算。

4．掌握机动固定式压缩模脱模机构的结构及工作原理。

5．掌握固定式压缩模脱模机构与压机的连接方式。

6．了解半固定式压缩模的脱模机构，了解移动式压缩模的脱模机构。

学习建议

1．利用图4.1，学习压缩成型模具零件的名称、结构和工作原理。

2．利用图4.12～图4.16，学习各种形状的塑件成型时的加压方向。

3．利用图4.4和图4.6，学习溢式压缩模和半溢式压缩模的特点。

4．学习凸凹模的结构及尺寸设计，加料室尺寸的计算。

5．利用图4.29，学习脱模机构与压机的连接方式。

4.1　压缩成型模具的类型及基本结构

压缩成型模具，简称压缩模，又称压塑模，是塑料成型模具中一种比较简单的模具，它主要用来成型热固性塑料。例如，光学性能要求高的有机玻璃镜片，不宜高温注射成型的硝酸纤维汽车驾驶盘等，都可以采用压缩成型。由于模具需要交替地加热和冷却，所以生产周期长，效率低，限制了热塑性塑料在这方面的进一步应用。本章将着重讨论热固性塑料压缩模具的设计。

4.1.1　压缩模具的基本结构

典型的压缩模具结构如图4.1所示，它可分为固定于压机上工作台的上模和下工作台的下模两大部分，两大部分靠导柱导向开合。开模时，上工作台上移，上凸模3脱离下模一段距离，侧型芯18用手工将其抽出，辅助液压缸（下液压缸）工作，推板15推动推杆11将塑件推出模外。加料前，先将侧型芯复位；加料合模后，热固性塑料在加料腔和型腔中受热受压，成为熔融状态而充满型腔，固化成型后开模。接着又开始下一个压缩成型循环。

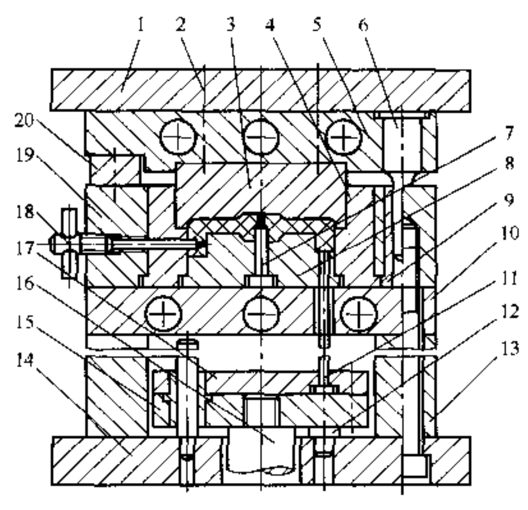


图 4.1　压缩模具结构

1—上模座板；2—螺钉；3—上凸模；4—加料腔（凹模）；5、10—加热板；6—导柱；7—型芯；8—下凸模；9—导套；11—推杆；12—支承钉；13—垫块；14—下模座板；15—推板；16—拉杆；17—推杆固定板；18—侧型芯；19—型腔固定板；20—承压块

压缩模与注射模一样，也由以下几大部分组成。

1．型腔

型腔是直接成型塑件的部位，加料时与加料腔共同起装料的作用，图 4.1 中的模具型腔由上凸模 3、下凸模 8、型芯 7、侧型芯 18 和凹模 4 等构成。

2．加料腔

图 4.1 中指凹模 4 的上半部，图中为凹模断面尺寸扩大的部分，由于塑料与塑件相比具有较大的比容，塑件成型前单靠型腔往往无法容纳全部原料，因此在型腔之上设有一段加料腔。

3．导向机构

图 4.1 中由布置在模具上周边的 4 根导柱 6 和导套 9 组成。导向机构用来保证上下模合模的对中性。为了保证推出机构上下运动平稳，该模具在下模座板 14 上设有 2 根推板导柱，在推板上还设有推板导套。

4．侧向分型抽芯机构

在成型带有侧向凹凸或侧孔的塑件时，模具必须设有各种侧向分型抽芯机构，塑件方能脱出，图 4.1 中的塑件有一侧孔，在推出之前用手动丝杠（侧型芯 18）抽出侧型芯。

5．脱模机构

固定式压缩模在模具上必须有脱模机构（推出机构），图 4.1 中的脱模机构由推板 15、推杆固定板 17、推杆 11 等零件组成。

6．加热系统

热固性塑料压缩成型需在较高的温度下进行，因此模具必须加热，常见的加热方式有电加热、蒸汽加热、煤气、天然气加热等，其中电加热较为普遍。图 4.1 中加热板 5、10 分别对上凸模、下凹模和凹模进行加热，加热板圆孔中插入电加热棒。在压缩热塑性塑料

时，在型腔周围开设温度控制通道；在塑化和定型阶段，分别通入蒸汽进行加热或通入冷水进行冷却。

4.1.2　压缩模具的类型

压缩模分类方法很多，可按模具在压机上的固定方式分类，也可按模具加料室的形式进行分类，还可按分型面特征分类。下面就其中的几种分类形式进行介绍。

1．按模具在压机上的固定形式分类

（1）移动式压缩模

移动式压缩模如图 4.2 所示。其特点是模具不固定在压机上，成型后将模具移出压机，用卸模专用工具（如卸模架）开模，先抽出侧型芯，再取出塑件。在清理加料室后，将模具重新组合好，然后放入压机内再进行下一个循环的压缩成型。其结构简单，制造周期短。但因加料、开模、取件等工序均手工操作，模具易磨损，劳动强度大，模具重量一般不宜超过 20kg。它适合于压缩成型批量不大的中小型塑件，以及形状较复杂、嵌件较多、加料困难及带有螺纹的塑件。

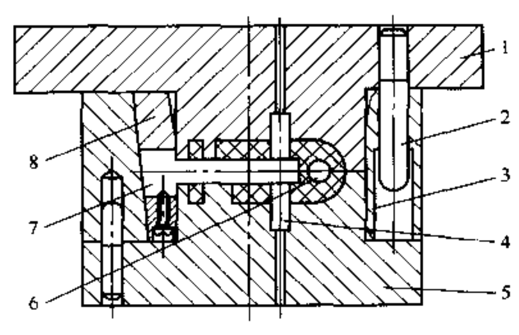


图 4.2　移动式压缩模

1—凸模（上模）；2—导柱；3—凹模（加料室）；4—型芯；5—下凸模；6、7—侧型芯；8—凹模拼块

（2）半固定式压缩模

半固定式压缩模如图 4.3 所示。其特点是开合模在机内进行，一般将上模固定在压机上，下模可沿导轨移动，用定位块定位，合模时靠导向机构定位。也可按需要采用下模固定的形式，工作时移出上模，用手工取件或卸模架取件。该结构便于放嵌件和加料，减小劳动强度，当移动式模具过重或嵌件较多时，为了便于操作，可采用此类模具，适用于小批量生产。

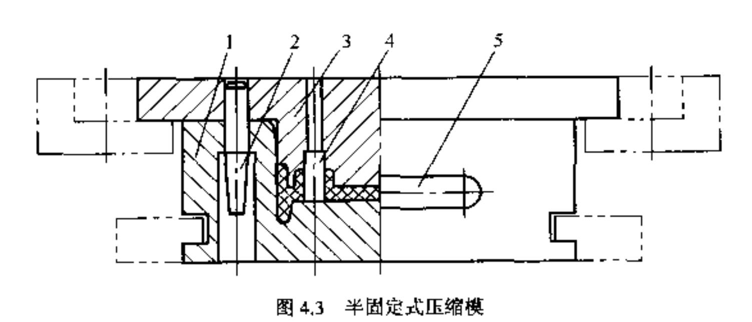


图 4.3　半固定式压缩模

1—凹模（加料室）；2—导柱；3—凸模（上模）；4—型芯；5—手柄

（3）固定式压缩模

固定式压缩模如图 4.1 所示。上下模都固定在压机上，开模、合模、脱模等工序均在机内进行，生产效率较高，操作简单，劳动强度小，开模振动小，模具寿命长，但结构复杂，成本高，且安放嵌件不方便。适用于成型批量较大或形状较大的塑件。

2．根据模具加料室的形式分类

（1）溢式压缩模

溢式压缩模如图 4.4 所示，这种模具无加料腔，模腔总高度 h 基本上就是塑件高度，由于凸模与凹模无配合部分，完全靠导柱定位，故压缩成型时，塑件的径向壁厚尺寸精度不高，而高度尺寸尚可，过剩的物料极易从分型面处溢出。环形面积是挤压面，其宽度 B 比较窄，以减薄塑件的飞边。合模刚开始的压缩阶段，挤压面仅产生有限的阻力；合模到终点时，挤压面才完全密合。因此，塑件密度往往较低，强度等力学性能也不高，特别是模具闭合太快，会造成溢料量的增加，既造成原料的浪费，又降低了塑件的密度。溢式模具结构简单，造价低廉、耐用（凸凹模间无摩擦），塑件易取出，通常可用压缩空气吹出塑件。对加料量的精度要求不高，加料量一般稍大于塑件重量的 5%～9%，常用预压型坯进行压缩成型，适用于压缩成型厚度不大、尺寸小和形状简单的塑件。

（2）不溢式压缩模

不溢式压缩模如图 4.5 所示。这种模具的加料腔为型腔上部截面的延续，凸模与加料腔有较高精度的间隙配合，故塑件径向壁厚尺寸精度较高。理论上压机所施的压力将全部作用在塑件上，塑料的溢出量很少，使塑件在垂直方向上形成很薄的飞边。配合高度不宜过大，不配合部分可以像图 4.5 所示的那样将凸模上部截面减小，也可将凹模对应部分尺寸逐渐增大而形成 15′～20′ 的锥面。

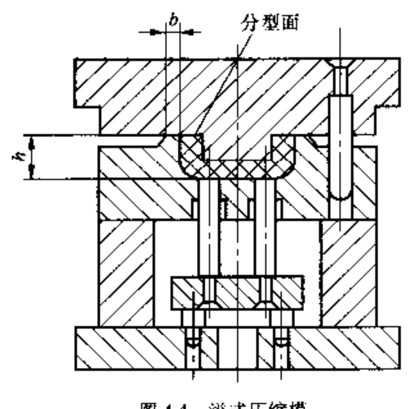


图 4.4　溢式压缩模

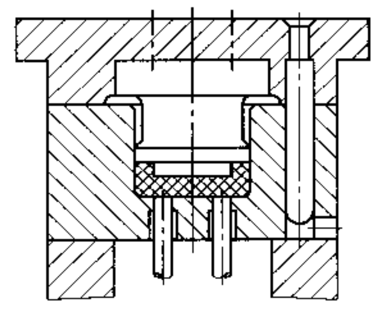


图 4.5　不溢式压缩模

不溢式压缩模最大的特点是塑件承受压力大，故密实性好，强度高，因此适用于成型形状复杂、壁薄和深形塑件，也适于成型流动性特别小、单位比压高、比容大的塑料。例如，用它成型棉布、玻璃布或长纤维填充的塑料制件特别可取，这不仅因为这些塑料流动性差，要求单位压力高，而且若采用溢式压缩模成型，当布片或纤维填料进入挤压面时，不易被模具夹断而妨碍模具闭合，造成飞边增厚和塑件尺寸不准，后加工时，这种夹有纤维或布片的毛边是很难去除的。不溢式模具没有挤压面，用不溢式压缩模所得的塑件飞边不但极薄，而且飞边在塑件上呈垂直分布，去除比较容易，可以用平磨等方法除去。

不溢式压缩模由于塑料的溢出量极少，因此加料量的多少直接影响着塑件的高度尺寸，每模加料都必须准确称量，所以塑件高度尺寸精度不易保证，因此流动性好容易按体积计量的塑料一般不采用不溢式压缩模。另外凸模与加料腔侧壁伤痕的加料腔会损伤塑件外表面。不溢式压缩模必须设置推出装置，否则塑件很难取出。不溢式模具一般不应设计成多型腔模，

因为加料不均衡会造成各型腔压力不等，而引起一些制件欠压。

（3）半溢式压缩模

半溢式压缩模如图 4.6 所示，其特点是在型腔上方设一截面尺寸大于塑件尺寸的加料腔，凸模与加料腔呈间隙配合，加料腔与型腔分界处有一环形挤压面，其宽度约 4mm～5mm，挤压面限制了凸模的下压行程，凸模下压到挤压面接触时为止，在每一循环中使加料量稍有过量，过剩的原料通过配合间隙或在凸模上开设专门的溢料槽排出。溢料速度可通过间隙大小和溢料槽数目进行调节，其塑件的紧密程度比溢式压缩模好。半溢式压缩模操作方便，加料时只需简单地按体积计量，而塑件的高度尺寸是由型腔高度决定的，可达到每模基本一致，它主要用于粉状塑料的压缩成型。此外，由于加料腔尺寸较塑件截面大，凸模不沿着模具型腔侧壁摩擦，不划伤型腔壁表面，因此推出时也不再损伤塑件外表面，用它成型带有小嵌件的塑件比用溢式压缩模好。因为后者常需用预压物压缩成型，这容易引起嵌件破碎。当塑件外缘形状复杂时，若采用不溢式压缩模则会造成凸模与加料腔的制造困难。采用半溢式压缩模可将凸模与加料腔周边配合面形状简化。半溢式压缩模由于有挤压边缘，不适于压制以布片或长纤维作填料的塑料，在操作时要随时注意清除落在挤压边缘上的废料，以免此处过早损坏和破裂。半溢式压缩模兼有溢式和不溢式压缩模的优点，所以塑件的径向壁厚尺寸和高度尺寸的精度均较好，密度较高，模具寿命较长，因此得了广泛应用。

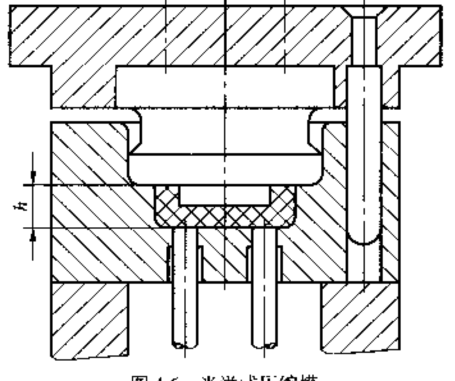


图 4.6　半溢式压缩模

4.2　压缩模具设计要点

在设计压缩模时，首先应确定型腔的总体结构、凹模和凸模之间的配合形式以及成型零件的结构。在型腔结构确定后还应根据塑件尺寸确定型腔成型尺寸。根据塑件重量和塑料品种确定加料腔尺寸。根据型腔结构和尺寸、压缩成型压力大小确定型腔壁厚等。有些内容如型腔的成型尺寸计算、型腔底板及壁厚的校核计算、凸模的结构等与注射模相同，前面已有介绍，在此不再重复。

4.2.1　塑件在模具内加压方向的选择

加压方向即凸模作用方向。加压方向对塑件的质量、模具的结构和脱模的难易都有重要的影响，在决定施压方向时要考虑下述因素。

1．便于加料

图 4.7 所示为同一塑件的两种加压方法，图（a）的加料腔较窄，不利于加料；图（b）的加料腔大而浅，便于加料。

2．有利于压力传递

如在加压过程中压力传递距离太长，则会导致压力损失太大，造成塑件组织疏松，密度

上下不均匀，对于细长杆、管类塑件，应改垂直方向加压为水平方向加压。如图 4.8（a）所示的圆筒形塑件，沿着轴线加压，则成型压力不易均匀地作用在全长范围内；若从上端加压，则塑件底部压力小，使底部质地疏松密度小；若采用上下凸模同时加压则塑件中部出现疏松现象。为此可将塑件横放，采用图 4.8（b）的横向加压形式克服上述缺陷，但在塑件外圆上将会产生两条飞边，影响塑件外观。

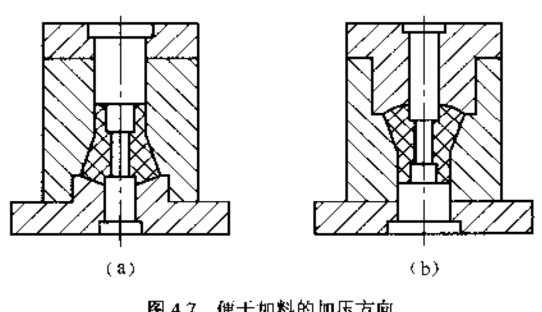


图 4.7　便于加料的加压方向

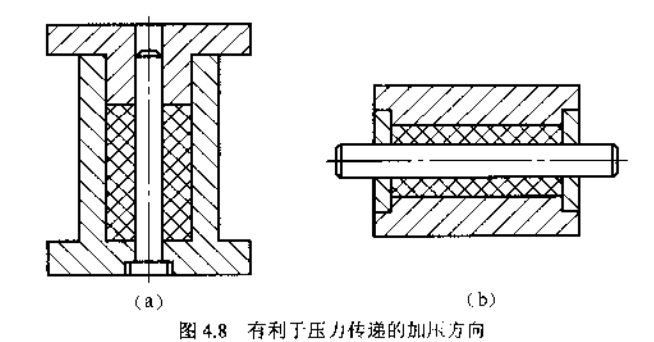


图 4.8　有利于压力传递的加压方向

3．便于安放和固定嵌件

当塑料制件上有嵌件时，应优先考虑将嵌件安放在下模上。如将嵌件安放在上模（见图 4.9（a））则既费事，又有嵌件不慎落下压坏模具之虑。如图 4.9（b）所示将嵌件改装在下模，成为倒装式压缩模，不但操作方便，而且可利用嵌件顶出塑件。

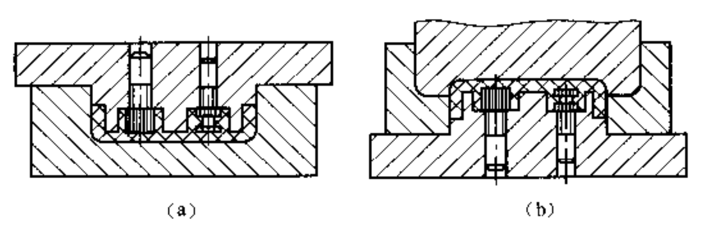


图 4.9　便于安放嵌件的加压方向

4．便于塑料流动

要使塑料便于流动，加压时应使料流方向与压力方向一致。如图 4.10（a）所示，型腔设在上模，凸模位于下模，加压时，塑料逆着加压方向流动，同时由于在分型面上需要切断产生的飞边，故需要增大压力。而在图 4.10（b）中，型腔设在下模，凸模位于上模，加压方向与料流方向一致，能有效地利用压力。

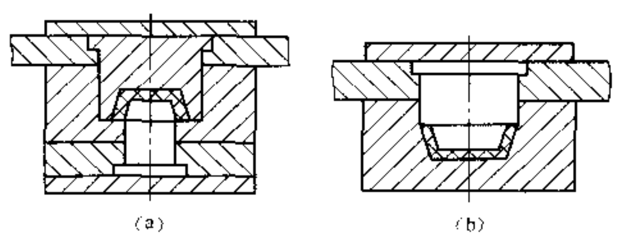


图 4.10 便于塑料流动的加压方向

5．保证凸模的强度

无论从正面或从反面加压都可以成型，但加压时上凸模受力较大，故上凸模形状越简单越好，如图 4.11（b）所示的结构要比图（a）所示的结构更为合理。

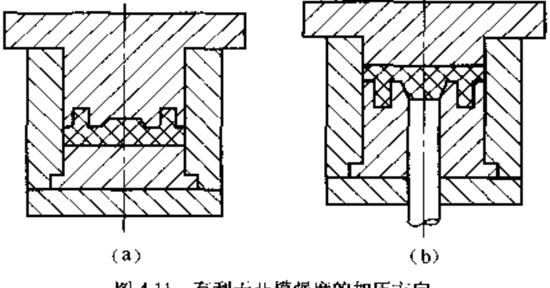


图 4.11 有利于凸模强度的加压方向

6．保证重要尺寸的精度

沿加压方向的塑件高度尺寸因溢边厚度不同和加料量不同而变化（尤其是不溢式压缩模），故精度要求较高的尺寸不宜设在加压方向上。

7．长型芯位于施压方向

当塑件多个方向需侧向抽芯，而且利用开模力作侧向机动分型抽芯时，宜将抽芯距离长的型芯设在加压方向（即开模方向），而将抽芯距较短的型芯设在侧面作侧向分型抽芯。

4.2.2 凸、凹模配合的结构形式

各类压缩模具的凸模和加料腔（凹模）的配合结构各不相同，因此应从塑料特点、塑件形状、塑件密度、脱模难易、模具结构等方面加以合理选择。

1．凸凹模各组成部分及其作用

以半溢式压缩模为例，凸凹模一般有引导环、配合环、挤压环、储料槽、排气溢料槽、承压面、加料腔等几部分组成，如图 4.12 所示，它们的作用有如下几方面。

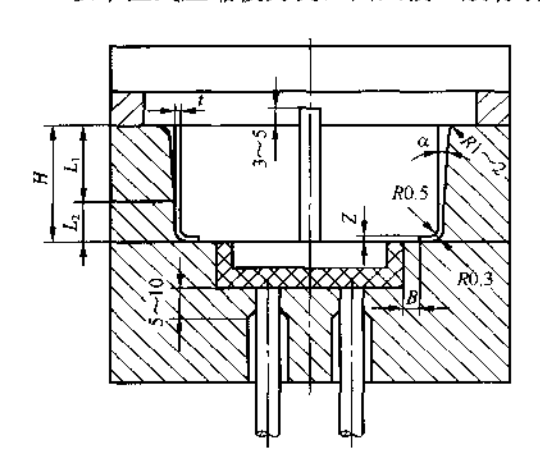


图 4.12 压缩模的凸凹模各组成部分

（1）引导环（L_1）

引导环为导正凸模进入凹模的部分，除加料腔极浅（高度在 10 mm 以内）的凹模外，一般在加料腔上部设有一段长为 L_1 的引导环，引导环有一α角的斜度。移动式压缩模α取 20′～1° 30′；固定式压缩模α角取 20′～1°；有上下凸模时，为加工方便，取 4°～5°。在凹模口处设有圆角 R，一般 R 取 1mm～2mm。引导环长度上 L_1 取 10mm 左右。引导环的作用是减少凸凹模之间的摩擦，避免塑件顶出时擦伤表面，并

可延长模具寿命，减少开模阻力；便于排气；对凸模进入凹模导向，尤其是不溢式的结构，因为凸模端面是尖角，对凹模侧壁有剪切作用，很容易损坏模具。

（2）配合环（L_2）

配合环是凸模与凹模加料腔的配合部分，它的作用是保证凸模与凹模位准确，阻止塑料溢出，通畅地排出气体。凸凹模配合间隙应按照塑料的流动性及塑件尺寸大小而定。对于移动式模具，凸凹模经热处理的可采用 H8/f7 的配合，形状复杂的可采用 H8/f 8 的配合，更正确的办法是用热固性塑料的溢料值作为决定间隙的标准，一般取其单边间隙 t=0.025mm～0.075mm。配合环的长度 L_2 应按凸凹模的配合间隙而定。移动式模具取 L_2=4mm～6mm；固定式模具，若加料室高度 H≥30mm 时，取 L_2=8mm～10mm。

型腔下面的推杆或活动下凸模与对应孔之间的配合也可以取与上述性质类似的配合，配合长度不宜太长，否则活动不灵或卡死，一般取配合长度为 5mm～10mm 左右。孔下段不配合的部分可以加大孔径，或将该段作成 4°～5° 的斜孔。

（3）挤压环（B）

挤压环的作用是限制凸模下行位置，并保证最薄的水平飞边。挤压环主要用于半溢式和溢式压缩模，不溢式压缩模没有挤压环。挤压环的形式如图 4.13 所示，挤压环的宽度 B 值按塑件大小及模具用钢而定。一般中小模具，钢材较好时取 B=2mm～4mm，大型模具取 B=3mm～5mm。

（4）储料槽（Z）

储料槽的作用是供排出余料用，因此凸凹模配合后应留有小空间 Z 作储料槽。半溢式压缩模的储料槽形式如图 4.12 所示。不溢式压缩模的储料槽设计在凸模上，如图 4.14 所示，这种储料槽不能设计成连续的环形槽，否则余料会牢固地包在凸模上难以清理。

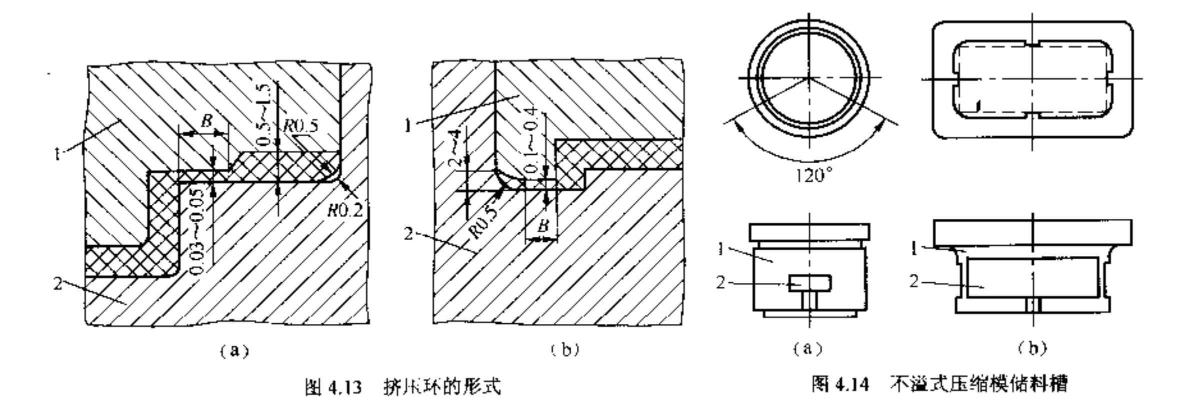


图 4.13　挤压环的形式

图 4.14　不溢式压缩模储料槽

（5）排气溢料槽

为了减少飞边，保证塑件精度及质量，成型时必须将产生的气体及余料排出模外。一般可通过压缩过程中的“放气”操作或利用凸凹模配合间隙来实现排气。但当成型形状复杂的塑件及流动性较差的纤维填料的塑料时，或在压缩时不能排出气体时，则应在凸模上选择适当位置开设排气溢料槽。

图 4.15 所示为半溢式压缩模排气溢料槽的形式。图(a)为圆形凸模上开设出四条 0.2mm～0.3mm 的凹槽，凹槽与凹模内圆面间形成溢料槽；图（b）为在圆形凸模上磨出深 0.2mm～

0.3mm 的平面进行排气溢料；图（c）和图（d）是矩形截面凸模上开设排气溢料槽的形式。排气溢料槽应开到凸模的上端，使合模后高出加料腔上平面，以便使余料排出模外。

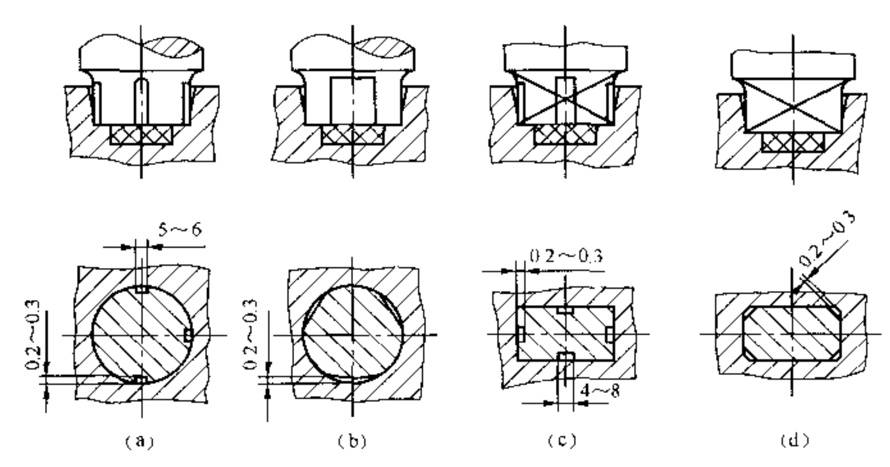


图 4.15　半溢式固定式压缩模的储料槽

（6）承压面

承压面的作用是减轻挤压环的载荷，延长模具的使用寿命。承压面的结构形式如图 4.16 所示，图（a）的结构形式是以挤压环作为承压面，模具容易变形或压坏，但飞边较薄；图（b）的形式是凸凹模之间留有 0.03mm～0.05mm 的间隙，由凸模固定板与凹模上端面作承压面，可防止挤压边变形损坏，延长模具寿命，但飞边较厚，主要用于移动式压缩模。对于固定式压缩模，最好采用如图（c）所示承压块的形式，通过调节承压块的厚度来控制凸模进入凹模的深度或与挤压边缘之间的间隙，减少飞边厚度，承受压机余压，有时还可调节塑件高度。

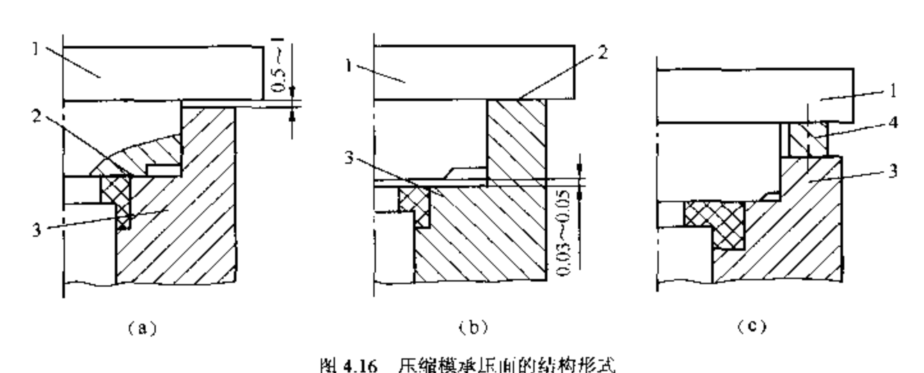


图 4.16　压缩模承压面的结构形式

1—凸模；2—承压面；3—凹模；4—承压块

承压块的形式如图 4.17 所示，矩形模具用长条形的，如图（a）所示；圆形模具用弯月形的，如图（b）所示；小型模具可用圆形的，如图（c）所示，或圆柱形的，如图（d）所示。它们的厚度一般为 8mm～10mm。安装形式有单面安装和双面安装，如图 4.18 所示。承压块材料可用 T7、T8 或 45 钢，硬度为 35HRC～40HRC。

（7）加料腔

加料腔是供容纳塑料粉用的空间，其结构形式及有关计算将在后面讨论。

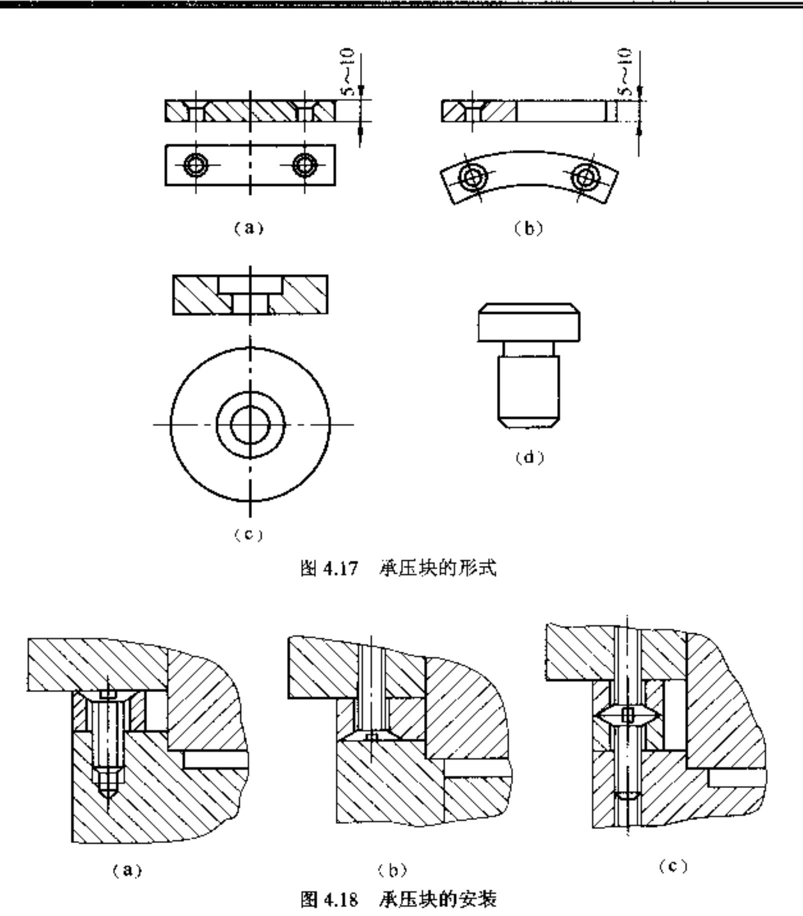


图 4.17 承压块的形式

图 4.18 承压块的安装

2. 凸凹模配合的结构形式

压缩模凸模与凹模配合的结构形式及该处的尺寸是模具设计的关键所在，结构形式如设计恰当，就能使压缩工作顺利进行，生产的塑件精度高，质量好。其形式和尺寸依压缩模类型的不同而不同，现分述如下。

(1) 溢式压缩模的配合形式

溢式压缩模没有加料腔，仅利用凹模型腔装料，凸模与凹模没有引导环和配合环，只是在分型面水平接触。为了减少溢料量，接触面要光滑平整；为了使毛边变薄，接触面积不宜太大，一般设计成宽度为 3mm~5mm 的环形面，因此该接触面称溢料面或挤压面，如图 4.19（a）所示。由于溢料面积小，为防止此面受压机余压作用而导致压塌、变形载或磨损，使取件困难，可在溢料面处另外再增加承压面，或在型腔周围距边缘 3mm~5mm 处开设溢料槽，如图 4.19（b）所示。

(2) 不溢式压缩模的配合形式

不溢式压缩模的加料腔是型腔的延续部分，两者截面形状相同，基本上没有挤压边，但有引导环、配合环和排气溢料槽，配合环的配合精度为 H8/f7 或单边 0.025mm~0.075mm。

图 4.20 所示为不溢式压缩模常用的配合形式，图 4.20（a）为加料腔较浅、无导向环的结构；图 4.20（b）为有导向环的结构。它适于成型粉状和纤维状塑料。因其流动性较差，应

在凸模表面开设排气槽。上述配合形式的最大缺点是凸模与加料腔侧壁的摩擦，使加料腔逐渐损伤，造成塑件脱模困难，而且塑件外表面很易擦伤，为此可采用图 4.21 所示的改进形式。图 4.21（a）是将凹模型腔延长 0.8mm 后，每边向外扩大 0.3mm~0.5mm，减少塑料顶出时的摩擦，同时凸模与凹模间形成空间，供排除余料用；图 4.20（b）是将加料腔扩大，然后再倾斜 45° 的形式；图 4.20（c）适于带斜边的塑件，当成型流动性差的塑料时，在凸模上仍需开设溢料槽。

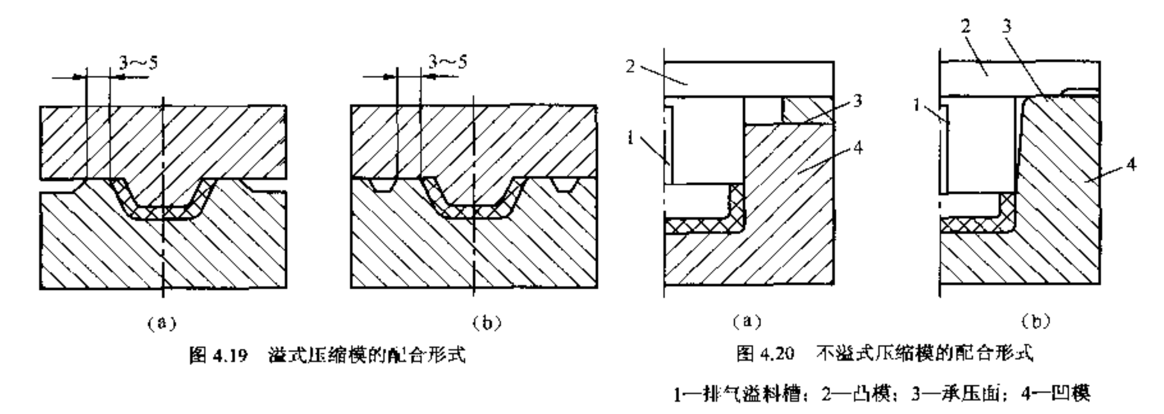


图 4.19　溢式压缩模的配合形式

图 4.20　不溢式压缩模的配合形式

1—排气溢料槽；2—凸模；3—承压面；4—凹模

（3）半溢式压缩模的配合形式

半溢式压缩模的配合形式如图 4.12 所示，这种形式的最大特点是带有水平的挤压环，同时凸模与加料腔间的配合间隙或溢料槽可以排气溢料。凸模的前端制成半径为 0.5mm～0.8mm 的圆角或 45° 的倒角。加料腔的圆角半径则取 0.3mm～0.5mm，这样可增加模具强度，便于清理废料。对于加料腔深的凹模，也需设置引导环，加料腔深度小于 10mm 的凹模可直接制出配合环，引导环与配合环的结构与不溢式压缩模类似。半溢式压缩模凸模与加料腔的配合为 H8/f 7 或单边 0.025mm～0.075mm。

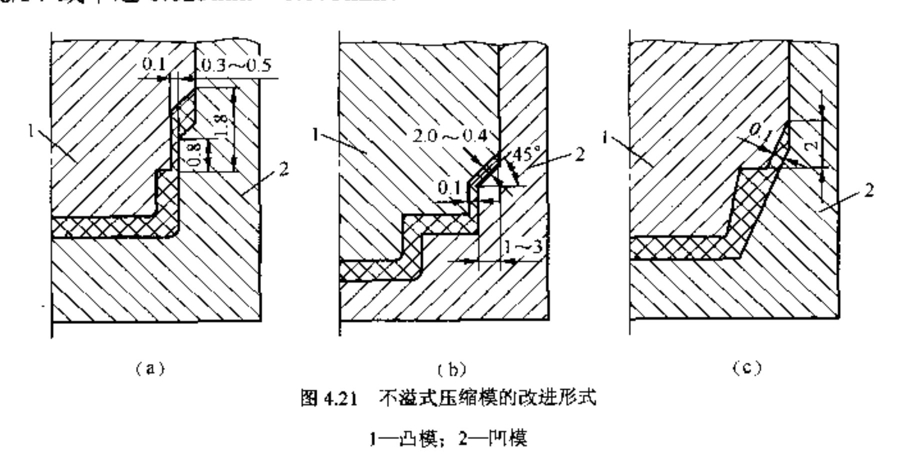


图 4.21　不溢式压缩模的改进形式

1—凸模；2—凹模

4.2.3　加料腔的尺寸计算

设计压缩模加料腔时，必须进行高度尺寸计算，以单型腔模具为例，其计算步骤如下。

1．计算塑件的体积

简单几何形状的塑件，可以用一般几何算法计算；复杂的几何形状，可分成若干个规则的几何形状分别计算，然后求其总和。

2．计算塑件所需原料的体积

$$V_d=(1+K)k\ V_s$$

式中，V_d—塑件所需原料的体积；

K—飞边溢料的重量系数，根据塑件分型面大小选取，通常取塑件净重的5%～10%；

K—塑料的压缩比（见表4.3）；

V_s—塑料的体积。

还可以根据塑件的重量求得其塑料原料的体积（塑件的重量可直接用天平称量出）：

$$V_d=(1+K)mv$$

式中，m—塑件的重量；

v—塑料的比容（见表4.1）。

表4.1　常用热固性塑料的比容、压缩比

塑料名称	比容 v（cm^3/g）	压缩比 k
酚醛塑料（粉状）	1.8～2.8	1.5～2.7
氨基塑料（粉状）	2.5～3.0	2.2～3.0
碎布塑料（片状）	3.0～6.0	5.0～10.0

3．计算加料腔的高度

加料腔断面尺寸可根据模具类型确定，不溢式压缩模的加料腔截面尺寸与型腔截面尺寸相等；半溢式压缩模的加料腔由于有挤压面，所以加料腔截面尺寸应等于型腔截面尺寸加上挤压面的尺寸，挤压面单边的宽度为3mm～5mm；溢式压缩模凹模型腔即为加料腔，故无需计算。

当算出加料腔截面面积后，就可以根据不同的情况对加料腔高度进行计算，其高度为

$$H=\frac{V_d-V_j+\sum V_d}{A}+5\sim10\text{mm}$$

式中，H—加料室高度，mm；

V_j—挤压边以下型腔体积，mm^3；

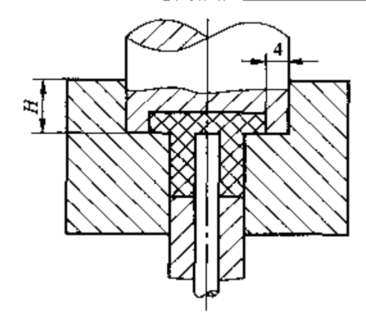
$\sum V_d$—下凸模（下型芯）成型部分的体积之和（mm^3），当下凸模（下型芯）的高度高出挤压边时，即它占用了加料室的体积，取正值，反之取负值，当其高度较小时可忽略不计；

A—加料室截面积，mm^3。

例　有一塑件如图4.22所示，物料密度为$1.4g/cm^3$，压缩比为3，飞边重量按塑件净重的10%计算，求半溢式压缩模加料室的高度。

解（1）计算塑件的体积 V_s

$$\begin{aligned}V_s&=\frac{\pi D_1^2}{4}h_1+\frac{\pi(D_2^2-D_3^2)}{4}(h_2-h_1)\\&=\left[\frac{\pi\times80^2}{4}\times20+\frac{\pi(40^2-20^2)}{4}\times(80-20)\right]\text{mm}^3\\&=157\times10^3\,\text{mm}^3\end{aligned}$$



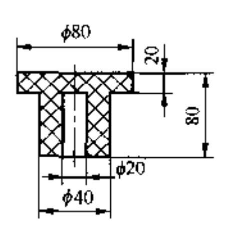


图 4.22　加料室高度计算

（2）塑件所需原料的体积 V_{sl}

$$\begin{aligned}V_{sl} &= (1+K)\ kV_s \\ &= (1+10\%) \times 3\times 157\times 10\ \text{mm}^3 \\ &= 518.3\times 10^3\ \text{mm}^3\end{aligned}$$

（3）加料室截面积 A

$$\begin{aligned}A &= \frac{\pi(D_1+4\times 2)^2}{4} \\ &= \frac{\pi\times(80+8)^2}{4}\text{mm}^2 \\ &= 60.8\times 10^2\ \text{mm}^2\end{aligned}$$

（4）挤压边下面型腔体积 V_j

$$\begin{aligned}V_j &= \frac{\pi D_2^2}{4}(h_2-h_1) \\ &= \frac{\pi\times 40^2}{4}\times(80-20)\text{mm}^3 \\ &= 75.4\times 10^3\ \text{mm}^3\end{aligned}$$

（5）凸模及型芯占用的体积 ΣV_d

$$\begin{aligned}\Sigma V_d &= \frac{\pi(D_2^2-D_3^3)}{4}(h_2-h_1) \\ &= \frac{\pi(40^2-20^2)}{4}(80-20)\text{mm}^3 \\ &= 56.5\times 10^3\ \text{mm}^3\end{aligned}$$

此处 ΣV_d 在加料室下方应取负值。

（6）加料室高度 H

$$\begin{aligned}H &= \frac{V_{sl}-V_j-\Sigma V_d}{A}+5\sim 10\text{mm} \\ &= \left[\frac{518.3\times 10^3-75.4\times 10^2+18.8\times 10^3}{60.8\times 10^2}+(5\sim 10)\right]\text{mm} \\ &= [75.9+(5\sim 10)]\text{mm}\end{aligned}$$

加料室高度取 H=80 mm。

4.2.4 导向机构

与注射模具相同，压缩模最常用的导向零件是在上模设导柱，在下模设导向孔。导向又可分为带导套的和不带导套的两类，其结构和固定方式可参考注射模一章，与注射模具相比，压缩模导向装置还具有下述特点。

（1）除溢式压缩模的导向单靠导柱完成外，半溢式和不溢式压缩模的凸模和加料腔的配合段还能起导向和定位的作用，一般加料腔上段设有 10mm 的锥形部分导向环，因此后者比溢式压缩模有更好的对中性。

（2）压制中央带有大通孔的壳体塑件时，为提高压缩成型质量，可在孔中安置导柱，导柱四周留出挤压边的宽度（2mm～5mm）。由于导柱部分不需施加成型压力，故所需要的成型总压力比不设中心导柱时可降低一些，孔四周的毛边也薄了，如图 4.28（a）所示。中央导柱装在下模，其头部应高于加料腔 5mm～8mm。中央导柱主要是为了提高塑件成型质量，上模四周还应设 2～4 根导向柱，中央导柱的形状一般比较复杂，操作过程中要与塑料接触，故导柱本身除要求淬火镀铬外，其配合亦需较高的精度，否则塑料挤入配合间隙会出现咬死拉毛的现象。中心导柱截面可以与塑件孔的形状相似，但为制造方便，提高配合精度，对于带矩形孔或其他异形孔的壳件可以仍然采用中心圆导柱，如图 4.23（b）所示，塑件的矩形孔内可设计两根圆形导柱。

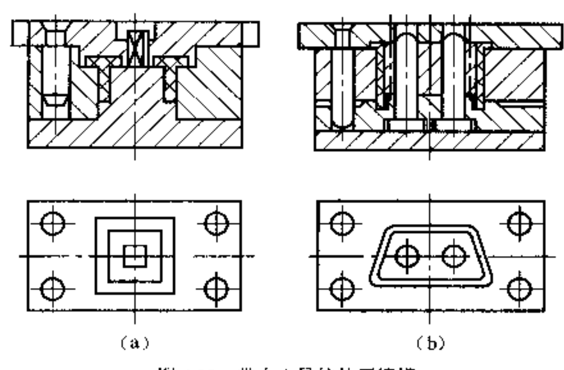


图 4.23　带中心导柱的压缩模

（3）由于压缩模在高温下工作，因此一般不采用带加油槽的加油导柱。

4.2.5 脱模机构设计

压缩模的脱模机构与注射模具的脱模机构相似，常见的有推杆脱模机构、推管脱模机构、推件板脱模机构等，此外还有二级脱模机构和上下模均带有脱模装置的双脱模机构。

1．脱模机构与压机的连接方式

为了设计固定式压缩模的脱模机构，必须先了解压机顶出系统与压缩模脱模机构（推出机构）的连接方式。不带任何脱模装置的压机适用于移动式压缩模，当必须采用固定式压缩模和机械顶出时，可利用开模动作在模具上另加推出机构（卸模装置）。

多数压机都带有顶出装置，压机的最大顶出行程都是有限的，当压机带有液压顶出装置时，液压缸的活塞杆即是压机的顶出杆，顶杆上升的极限位置是其头部与工作台表面相平齐。压缩模的脱模机构和压机的顶杆（活塞杆）有下述两种连接方式。

（1）压机顶杆与压缩模脱模机构不直接连接

如果压机顶杆能伸出工作台面且有足够的高度，将模具装好后直接调节顶杆顶出距离就可以进行操作。当压机顶杆端部上升的极限位置与工作台面相平齐时（一般压机均如此），必须在顶杆端部旋入一适当长度的尾轴。如图 4.24（a）所示，尾轴的长度等于塑件推出高度加

下模底板厚度和挡销高度。尾轴也可反过来用螺纹直接与压缩模推板相连，如图 4.24（b）所示。以上两种结构复位都需要用复位杆。

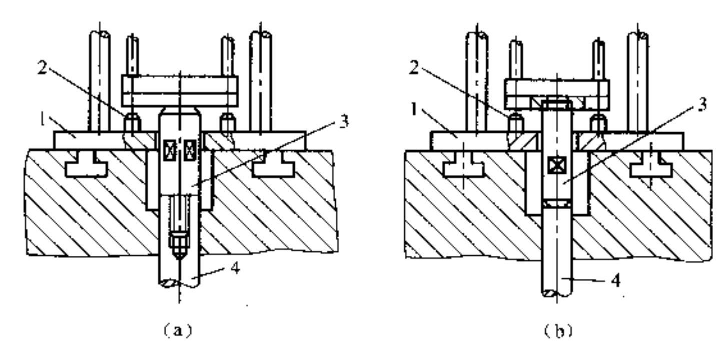


图 4.24　与压机顶杆不相连的推出机构

1—下模底板；2—挡销；3—尾轴；4—顶杆

（2）压机顶杆与压缩模脱模机构直接连接

这种结构如图 4.25 所示。压机的顶杆不仅能顶出塑件，而且能使模具推出机构复位。这种压机具有差动活塞的液压顶出缸。

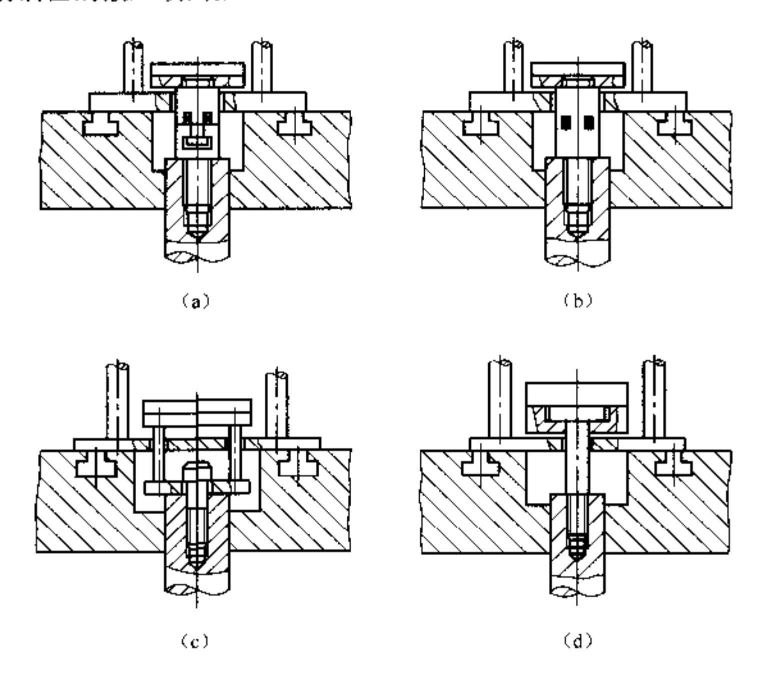


图 4.25　与压机顶杆相连的推出机构

2．固定式压缩模脱模机构

固定式压缩模的脱模可分为气吹脱模和机动脱模，而通常采用的是机动脱模。当采用溢式压缩模或少数半溢式压缩模时，如对型腔的粘附力不大，可采用气吹脱模，如图 4.26 所示。气吹脱模适用于薄壁壳形塑件，当它对凸模包紧力很小或凸模脱模斜度较大时，开模后塑件留在凹模中，这时压缩空气由喷嘴吹入塑件与模壁之间因收缩而产生的间隙里，使塑件升起，

如图 4.26（a）所示。图 4.26（b）为一矩形塑件，其中心有一孔，成型后用压缩空气吹破孔内的溢边，使压缩空气钻入塑件与模壁之间，将塑件脱出。

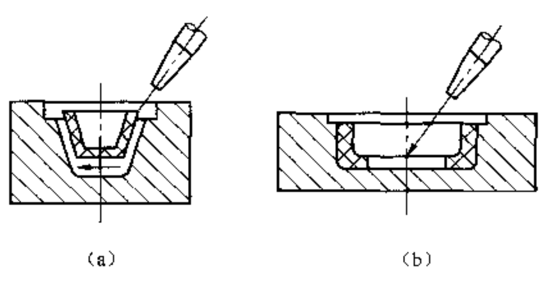


图 4.26 气吹脱模

机动脱模一般应尽量让塑件在分型后留在压机上有顶出装置的模具一边，然后采用与注射模相似的推出机构将塑件从模具内推出。有时当塑件在上下模内脱模阻力相差不多且不能准确判断塑件是否会留在压机带有顶出装置一边的模具内时，可采用双脱模机构。但双脱模机构增加了模具结构的复杂性，因此，让塑件准确地留在下模或上模上（凹模内或凸模上）是比较合理的，这时只需在模具的某一边设计脱模机构，简化了模具的结构。为此，在满足使用要求的前提下可适当地改变塑件的结构特征。例如，为使塑件留在凹模内，如图 4.27（a）所示的薄壁压缩件可增加凸模的脱模斜度，减少凹模的脱模斜度，有时甚至将凹模制成轻微的反斜度（3′～5′），如图 4.27（b）所示；或在凹模型腔内开设 0.1mm～0.2mm 的侧凹模，使塑件留于凹模，开模后塑件由凹模内被强制推出，如图 4.27（c）所示；为了使塑件留在凸模上，可以采取与上面类似作法的相反措施，例如，在凸模上开环形浅凹槽，如图 4.27（d）所示，开模后用上顶杆强制将塑件顶落。

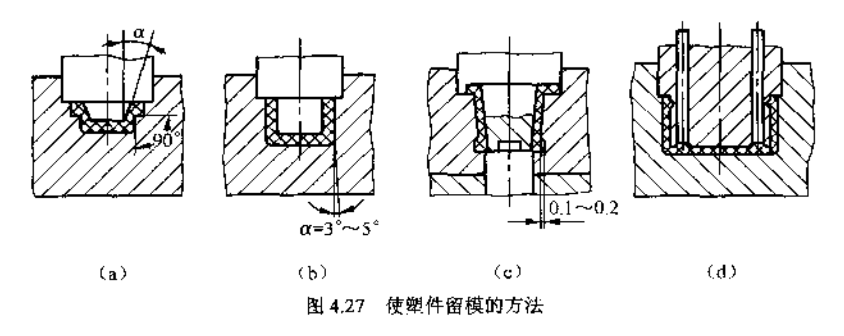


图 4.27 使塑件留模的方法

3．半固定式压缩模脱模机构

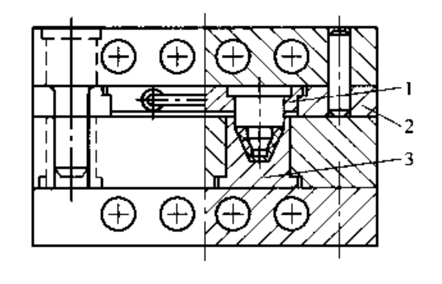
半固定式压缩模分型后，塑件随可动部分（上模或下模）移出模外，然后用手工或简单工具脱模。

（1）带活动上模的压缩模

带活动上模的压缩模具可将凸模或模板作成可沿导滑槽抽出的形式，又名抽屉式压缩模，其结构如图 4.28 所示，带内螺纹的塑件分型后留在上模螺纹型芯上，然后随上模一道抽出模外，再设法卸下。

（2）带活动下模的压缩模

带活动下模的压缩模具的上模是固定的，下模可移出。图 4.29 所示为典型的模外脱模机构，与压机工作台等高的钢制工作台支在四根立柱 8 上，在钢板工作台 3 上为了适应不同模具宽度，装有宽度可调节的滑槽 2，在钢板工作台正中装有推出板 4、推出杆和推杆导向板 10，推杆与模具上的推出孔相对应，当更换模具时应调换这几个零件。



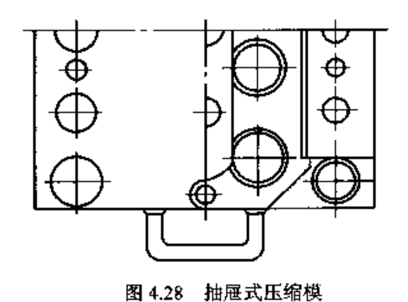


图 4.28　抽屉式压缩模

1—活动上模；2—导轨；3—凹模

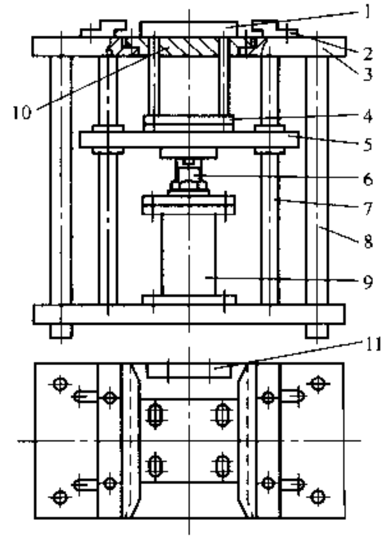


图 4.29　模外脱模机构

1—定位板；2—滑槽；3—钢板工作台；4—推出板；
5—滑动板；6—丝杠；7—导柱；8—立柱；9—液压钢；
10—推杆导向板；11—定位螺钉

工作台下方设有推出液压缸 9，在液压缸活塞杆上段有调节推出高度的丝杠 6。为了使脱模机构上下运动平稳而设有滑动板 5，该板的导套在导柱 7 上滑动。为了将模具固定在正确位置上，有定位板 1 和可调节的定位螺钉 11。开模后将可动下模的凸肩滑入导滑槽 2 内，并推到与定位螺钉相接触的位置，开动推出液压缸推出塑件，待清理和安放嵌件后，将下模重新推入压机的固定滑槽中进行下一模压缩。当下模重量较大时，可以在工作台上沿模具拖动路径设滚柱或滚珠，使下模拖动轻便。

4．移动式压缩模脱模机构

移动式压缩模脱模分为撞击架脱模和卸模架脱模两种形式。

（1）撞击架脱模

撞击架脱模如图 4.30 所示。压缩成型后，将模具移至压机外，在别的支架上撞击，使上下模分开，然后手工或用简易工具取出塑件。这种方法脱模，模具结构简单，成本低，有时用几副模具轮流操作，可提高压缩成型速度。但劳动强度大，振动大，而且由于不断撞击，易使模具过早地变形磨损，适用于成型小型塑件。

供撞击的支架有两种形式：一种是固定式支架，如图 4.31（a）所示；另一种是尺寸可以调节的支架，如图 4.31（b）所示，以适应不同尺寸的模具。在特制的卸模架上，利用压机压力进行开模，减轻了劳动强度，提高了模具的使用寿命。对开模力不大的模具，可采用单向卸模架脱模，其形式如图 4.32 所示；对开模力大的模具，要采用上下卸模架脱模，其形式如图 4.33 所示。

（2）卸模架脱模

① 单分型面卸模架脱模　单分型面卸模架脱模如图 4.34 所示。脱模时，先将上卸模架 1、

下卸模架 6 插入模具相应孔内。在压机内，当压机的活动横梁压到上卸模架或下卸模架时，压机的压力通过上、下卸模架传递给模具，使凸模 2、凹模 4 分开，同时，下卸模架推动推杆 3，由推杆推出塑件。

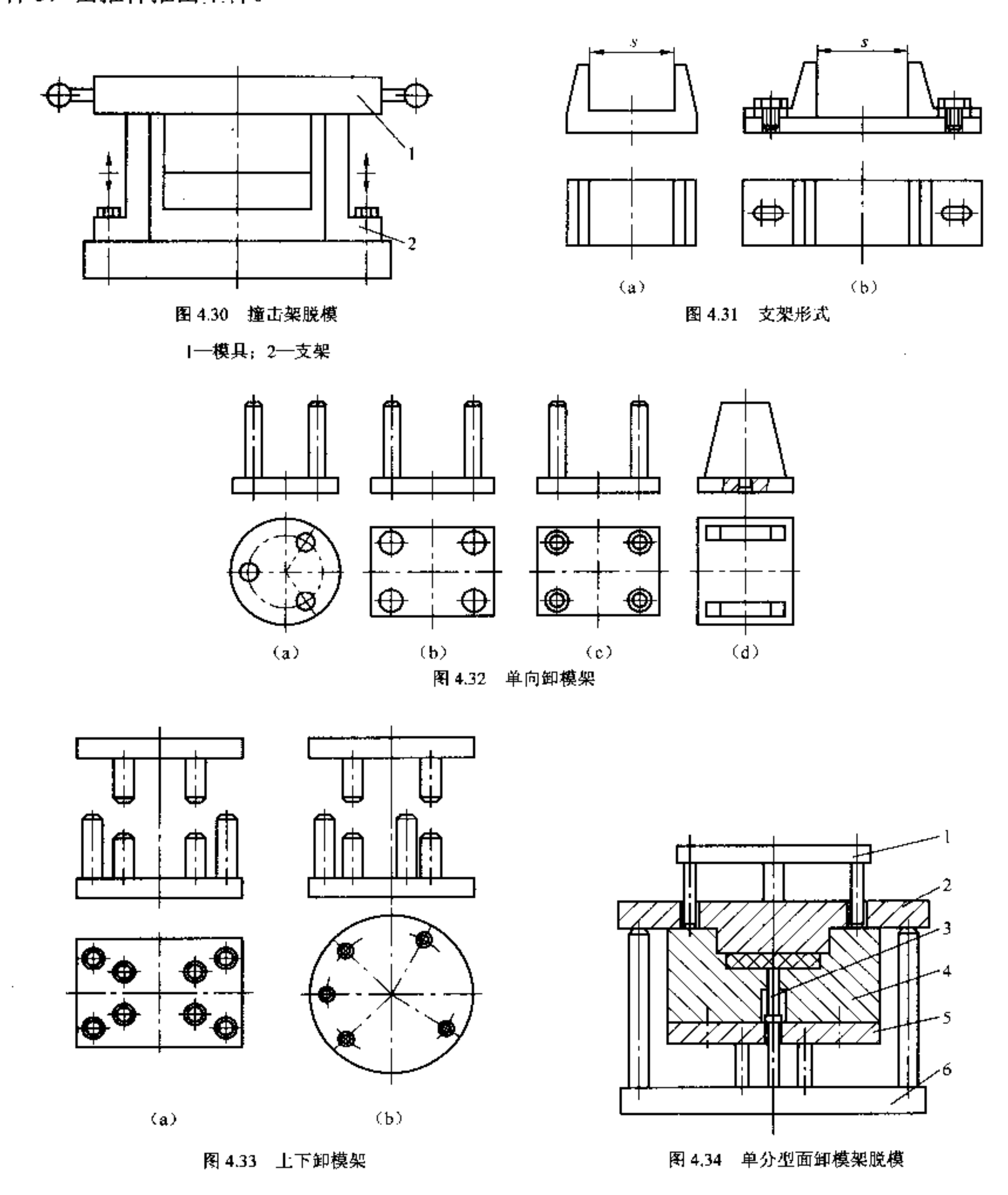


图 4.30　撞击架脱模

1—模具；2—支架

图 4.31　支架形式

图 4.32　单向卸模架

图 4.33　上下卸模架

图 4.34　单分型面卸模架脱模

② 双分型面卸模架脱模　双分型面卸模架卸模如图 4.35 所示。脱模时，先将上卸模架 1、下卸模架 5 的推杆插入模具的相应孔内，压机的活动横梁压到上卸模架或下卸模架上，上下卸模架上的长推杆使上凸模 2、下凸模 4、凹模 3 三者分开。分模后凹模留在上下卸模架的短推杆之间，最后从凹模中取出塑件。

③ 垂直分型卸模架脱模　垂直分型卸模架脱模如图 4.36 所示。脱模时，先将上卸模架 1、下卸模架 6 的推杆插入模具的相应孔内，压机的活动横梁压到上卸模架或下卸模架上，上下卸模架的长推杆首先使下凸模 5 和其他部分分开，当达到一定距离后，再使上凸模 2、模套 4 和瓣合凹模 3 分开，塑件留在瓣合凹模内，最后打开瓣合凹模取出塑件。

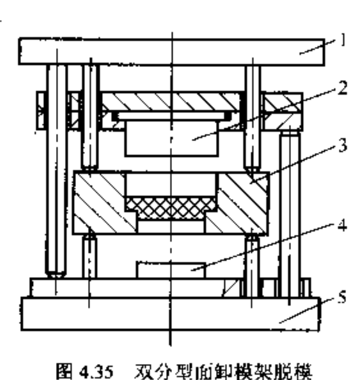


图 4.35　双分型面卸模架脱模

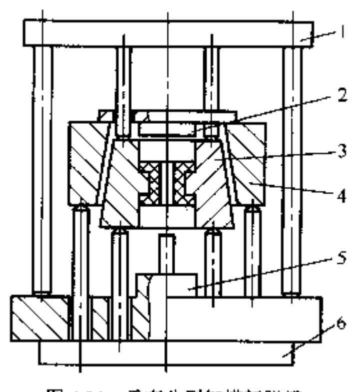


图 4.36　垂直分型卸模架脱模

4.2.6　压缩模的手柄

为了使移动式或半固定式压缩模搬运方便，可在模具的两侧装上手柄，，手柄的形式可根据压缩模的重量进行选择，图 4.37 所示的是用薄钢板弯制而成的平板式手柄，用于小型模具。图 4.38 所示的是棒状手柄，同样适用于小型模具。

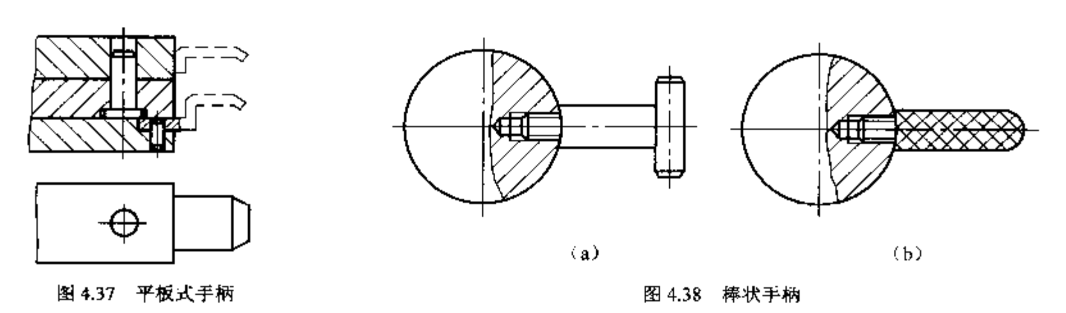


图 4.37　平板式手柄

图 4.38　棒状手柄

图 4.39 所示的是环形手柄，其中图（a）和图（b）适用于较重的大中型矩形模具；图（c）适用于较重的大中型圆形模具。如果手柄在下模，高度较低，可将手柄上翘 20° 左右。

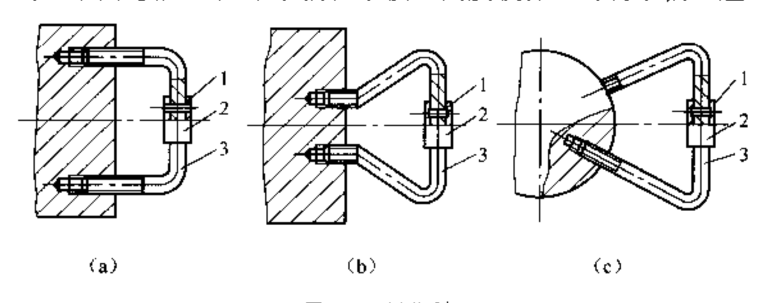


图 4.39　环形手柄

1—铆钉；2—联接套；3—手柄

4.2.7 侧向分型抽芯机构设计

压缩模侧向分型抽芯机构与注射模相似，但略有不同，注射模先合模后注入塑料，而压缩模是先加料，后合模。因此注射模的有些侧向分型机构不能用于压缩模，例如，以开合模驱动的斜导柱侧向分型，如用于压缩模，则加料时瓣合模型腔是处于开启状态，必将引起严重的漏料，但将它用于侧向抽芯则是可行的。此外，由于压缩模具受力状况比较恶劣，因此分型机构和楔紧块都应具有足够的力量和强度，压缩模具由于总生产周期较长，目前国内还广泛使用各种手动分型抽芯机构，机动分型抽芯仅用于大批量塑件的生产。

1．机动侧向分型抽芯

这里主要介绍压缩模常用的斜滑块、铰链连接瓣合模、斜导柱（弯销）、偏心转动分型等几种形式。

（1）斜滑块分型抽芯机构　由于瓣合模锁紧楔常采用各种矩形模套，因此多适于采用斜滑块的分型机构。如图 4.40 所示的瓣合模块系带有矩形凸耳的滑块，在矩形模套内壁的导滑槽内滑动，为了制造方便，凹模采用镶嵌式结构，导滑槽也采用组合制造，滑块用端部带铰链的推杆推动，随着滑块向两侧移动，推杆上端向两侧分开而达到侧向分型与抽芯。回程时推杆将瓣合模拖回矩形模套，型芯固定板可避免瓣合模过度下沉。

（2）铰链连接瓣合模分型机构　如图 4.41 所示的压缩模，其瓣合模 2 与下模块 4 间用铰链连接，下模块中间拧有推出装置的尾杆，铰链孔做成椭圆形，使其与铰链轴间存在间隙，以免该轴在压缩成型时承受压力。成型后开模先抽出上凸模，然后推出瓣合模，由于模套内分模楔（图中未画出）的作用使瓣合模绕轴左右张开，即可取出压好的塑件。

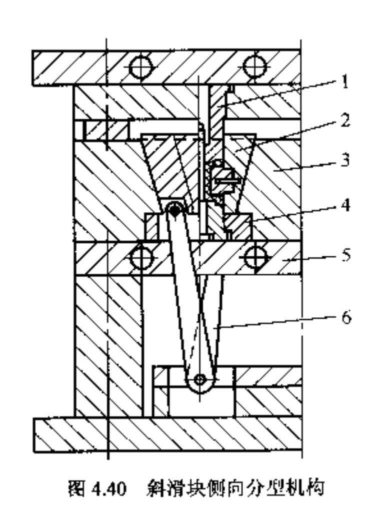


图 4.40　斜滑块侧向分型机构

1—凸模；2—瓣合模；3—模套；4—型芯固定板；5—下加热板；6—铰链推杆

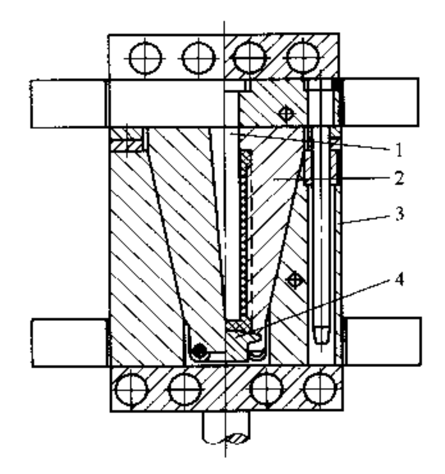


图 4.41　铰链连接瓣合模分型

1—凸模；2—瓣合模；3—模套；4—下模块

利用开合模动作驱动的斜导柱侧向分型用于压缩模是不合适的，但可用于侧抽芯。如图 4.42 所示的矩形滑块上有两个侧型芯，在凸模下压到最终位置时，侧型芯滑块 4 向前运动才告完成，矩形截面的弯销 2 有足够的刚度，而侧型芯截面积又不大，因此不再采用别的楔紧块锁紧，滑动的抽出位置由弹簧和挡板 3 定位。

2．手动模外分型抽芯机构

目前压缩模还大量使用手动模外分型抽芯，因为采用这种分型抽芯方式使模具结构简单、可靠，缺点是劳动强度大、效率低。模外分型瓣合模可做成两瓣或多瓣，其外形成锥台形，装在圆锥形或矩形截锥形的模套中，压缩成型后利用顶出机构顶出瓣合模，然后在模外分开凹模取出塑件。

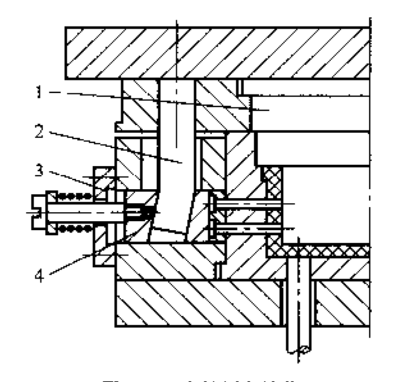


图 4.42　弯销侧向抽芯

图 4.43 所示的塑件由于有 8 条垂直的凸肋，瓣合凹模型腔分为 8 块，为了镶件拼成型腔时相互不错位，在圆锥凹模外围加工一条矩形截面的环形槽，并用两个矩形截面的半圆环 3 嵌入环形槽内。为了装拆凹模方便，又把半圆环分别固定在两块瓣合模上，其余模块顺序嵌入再一起装于锥形模套内。上下模之间利用型芯作为中心导柱，卸模时瓣合凹模 2 用推杆 6 推出模外，手动分型。

图 4.44 所示的塑件为带有大小两个侧向方孔的帽罩，小孔采用丝杠侧型芯 3 成型，长方形大侧孔采用活动镶块 2 成型，活动镶块带有圆杆和方头，压缩时将活动镶块圆杆插入凹模 4 旁的侧孔内，拧入侧向丝杠侧型芯 3，加入塑料进行压缩。成型后先拧出丝杠侧型芯 3，然后在活动镶块方头与凸模 5 相对的孔中插入一圆柱销 1，镶块即被固定在凸模上。开模时塑件和活动镶块被凸模带出，最后从凸模上拧下塑件。

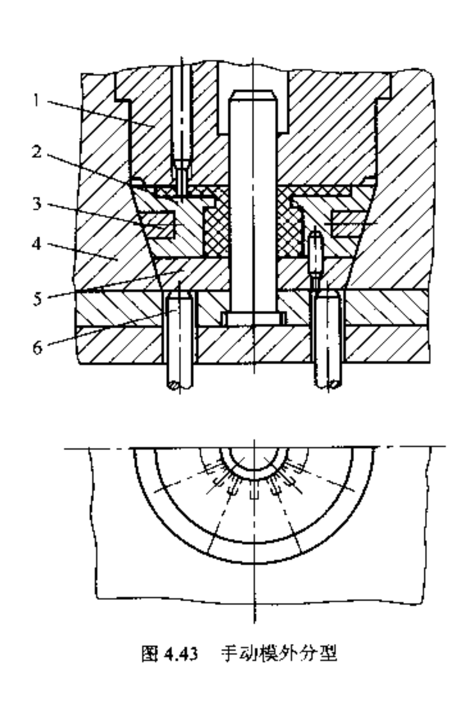


图 4.43　手动模外分型

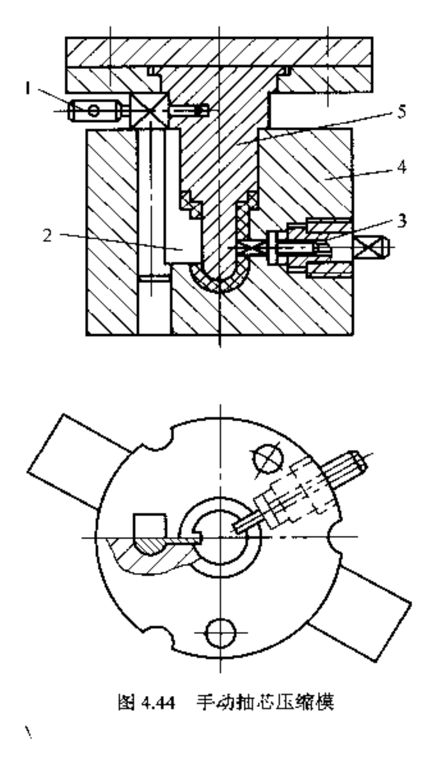


图 4.44　手动抽芯压缩模

思考与练习题

1．看懂图 4.1，叙述其工作原理并写出各零部件的作用。
2．什么是半固定式压缩模？什么是固定式压缩模？
3．溢式压缩模有何特点？半溢式压缩模有何特点？
4．压缩模为何要设有承压面？
5．简述压缩模中排气储料槽的作用。
6．压缩模设计时，成型塑料制品的加压方向如何选择？
7．为何要进行压机工艺参数的校核？
8．移动式压缩模的脱模机构主要采用什么形式？
9．常见的压缩模脱模机构有哪些？

第 5 章

挤出成型模具

学习目标

1. 掌握挤出成型模具的各组成机构、工作原理及其功能。
2. 掌握管材机头的典型结构、机头主要零件的设计及其工艺参数的确定。
3. 掌握棒材挤出机头的结构。
4. 掌握吹塑薄膜挤出模的概念和总体结构、吹塑薄膜挤出机头的结构设计及参数的确定。
5. 掌握板材与片材挤出机头的总体结构，掌握板材与片材挤出机头参数的确定。
6. 了解管材、棒材、吹塑薄膜、板材与片材挤出冷却定型装置设计。

学习建议

1. 利用图 5.1，学习挤出成型机头零件的名称、结构和工作原理，学习挤出成型机头的设计原则。

2. 利用图 5.1～图 5.5，学习口模芯棒的设计、分流器及分流器支架的设计及管材拉伸比和压缩比的选取及工艺参数。

3. 利用图 5.6，学习棒材挤出模的总体结构，机头的结构及参数的确定。

4. 利用图 5.13，学习吹塑薄膜挤出机头的总体结构。学习机头的设计及参数的确定。

5. 利用图 5.14～图 5.23，学习各种支管式机头的结构及参数的确定。

5.1 挤出成型模具的结构

一般塑料材挤出成型模具包括两部分：机头（口模）和定型模（套）。

机头是挤出塑料制件成型的主要部件，它使来自挤出机的熔融塑料由螺旋运动变为直线运动，并进一步塑化，产生必要的成型压力，保证塑件密实，从而获得截面形状相似的连续型材。挤出成型的塑料制件截面形状的规格有多种多样，因此根据不同的塑件要求，机头一般有下述几种分类方法。

（1）按成型的塑料制品用途分类　可分为挤管机头、吹塑薄膜机头、挤板机头等。

（2）按挤出塑件的出口方向与挤出机螺杆轴线关系分类　可分为直通机头（或称直向机头）、角式机头（或称横向机头）。

（3）按塑料熔体在机头内所受压力大小分类　低压机头（熔体受压小于 4MPa）、中压机头（熔体受压 4MPa～10MPa）、高压机头（熔体受压大于 10MPa）。

定型模的作用是通过采用冷却、加压或抽真空的方法，将从口模中挤出的塑料形状稳定下来，对其进行精整，从而得到截面尺寸更为精确、表面更为光亮的塑料制件。

5.1.1 挤出成型模具的结构组成

以典型的管材挤出成型机头为例，如图 5.1 所示，挤出成型模具的结构可分为以下几个主要部分。

1．口模和芯棒

口模用来成型塑件的外表面，芯棒用来成型塑件的内表面，由此可见，口模和芯棒决定了塑件的截面形状。

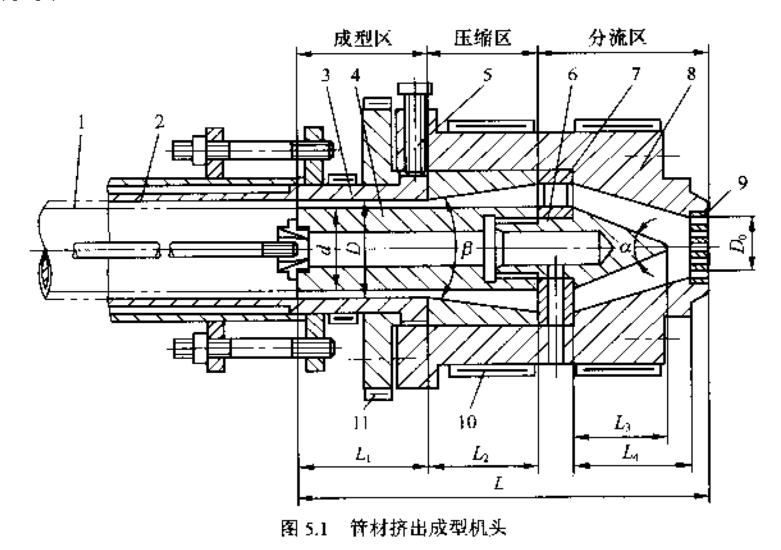


图 5.1 管材挤出成型机头

1—管材；2—定径套；3—口模；4—芯棒；5—调节螺钉；6—分流器；7—分流器支架；8—机头体；9—过滤板（多孔板）；10，11—电加热圈（加热器）

2．过滤网和过滤板

过滤网的作用是将塑料熔体由螺旋运动转变为直线运动，过滤杂质，并形成一定的压力。过滤板又称多孔板，同时还起支承过滤网的作用。

3．分流器和分流器支架

分流器（俗称鱼雷头）使通过它的塑料熔体分流变成薄环状以平稳地进入成型区，同时进一步加热和塑化；分流器支架主要用来支承分流器及芯棒，同时也能对分流后的塑料熔体加强剪切混合作用，但有时会产生熔接痕而影响塑件强度。小型机头的分流器与其支架可设计成一个整体。

4．机头体

机头体相当于模架，用来组装并支承机头的各零部件。机头体需与挤出机筒连接，连接处应密封以防塑料熔体泄漏。

5．温度调节系统

为了保证塑料熔体在机头中正常流动及挤出成型质量，机头上一般设有可以加热的温度调节系统，如图 5.1 所示的电加热圈 10、11。

6．调节螺钉

图 5.1 所示的调节螺钉 5 用来调节控制成型区内口模与芯棒间的环隙及同轴度，以保证

挤出塑件壁厚均匀。通常调节螺钉的数量为 4～8 个。

7．定径套

离开成型区后的塑料熔体虽已具有给定的截面形状，但因其温度仍较高不能抵抗自重变型，为此需要用定径套（见图 5.1 中 2）对其进行冷却定型，以使塑件获得良好的表面质量、准确的尺寸和几何形状。

5.1.2　挤出成型机头的设计原则

1．正确选用机头形式

应按照所成型塑件的原料和要求以及成型工艺的特点，正确地选用和确定机头的结构形式。

2．应能将塑料熔体的旋转运动转变成直线运动，并产生适当压力

设计机头时，一方面要使在机筒中受螺杆作用呈旋转运动形式的塑料熔体进入机头后转变成直线运动进行成型、流动；另一方面又要保证能对熔体产生适当的流动阻力，以便螺杆能对熔体施加适当的压力。在机筒和机头的连接处设置的过滤板和过滤网，既能将熔体的旋转运动转换成直线运动，也能增大熔体流动阻力或螺杆挤压力。

3．机头内的流道应呈光滑的流线型

为了让塑料熔体能沿着机头中的流道均匀平稳流动而顺利挤出，机头的内腔应呈光滑的流线型，表面粗糙度应小于 1.6μm～3.2μm；流道不能有阻滞的部位，以免发生过热分解。

4．机头内应有分流装置和适当的压缩区

挤出成型环形截面塑件（如管材）时，塑料熔体在进入口模之前必须在机头中经过分流，因此，机头内应设置分流器和分流器支架等一类分流装置，如图 5.1 所示。挤出成型管材时，塑料熔体经分流器和分流器支架后再行汇合，一般会产生熔接痕，使得定型前的型坯和离开口模后的塑件强度降低或发生开裂，为此，需在机头中设计一段压缩区域（见图 5.1），以增大熔体的流动阻力，消除熔接痕。对于板材和片材等塑件，当塑料熔体通过机头中间流道以后，其宽度必须予以扩展，即需要一个扩展阶段。为使熔体或塑件密度不因扩展而降低，机头中也需设置适当的压缩区域（见图 5.17 和图 5.18 所示的阻流器区域和阻力棒区域），以借助于流动阻力保证熔体或塑件组织密实。

5．机头成型区应有正确的截面形状

设计机头成型区时，应尽量减小离模膨胀效应和收缩效应的影响，保证塑件正确的截面形状。由于塑料的物理性能和压力、温度等因素引起的离模膨胀效应（挤出胀大效应）将导致塑件长度收缩和截面形状尺寸发生变化，使得机头的成型区截面形状和尺寸并非塑件所要求的截面形状和尺寸，两者有一定的差异。因此设计机头时，一方面要对口模进行适当的形状和尺寸补偿；另一方面要合理确定流道尺寸，控制口模成型长度（塑件截面形状的变化与成型时间有关），从而保证塑件正确的截面形状和尺寸。

6．机头内最好设有适当的调节装置

挤出成型，尤其是挤出成型异型材时，常要求对挤出压力、挤出速度、挤出成型温度等工艺参数以及挤出型坯的尺寸进行调节和控制，从而有效地保证塑件的形状、尺寸、性能和质量。为此，机头中最好设置一些能够控制熔体流量、口模和芯棒的侧隙以及挤出成型温度的调节装置。

7．应有足够的压缩比

压缩比是指流道型腔内最大料流截面积（通常为机头与过滤板相接处的流道截面积）与口模和芯棒在成型区的环隙截面积之比，它反映了塑料熔体在挤出成型过程中的压实程度，为了使塑件密实，根据塑料和塑件的种类不同，应设计足够的压缩比，一般管机头的压缩比在2.5～10的范围内选取。

8．机头结构紧凑以利于操作

设计机头时，应在满足强度和刚度的条件下，使其结构尽可能紧凑，并且装卸方便，易加工，易操作，同时，最好设计成规则的对称形状，使于均匀加热。

9．合理选择材料

与流动的塑料熔体相接触的机头体、口模和芯棒，会产生一定程度的摩擦磨损；有的塑料在高温挤出成型过程中还会挥发有害气体，对机头体、口模和芯棒等零部件产生较强的腐蚀作用，更加剧它们的摩擦和磨损。为提高机头的使用寿命，机头材料应选取耐热、耐磨、耐腐蚀、韧性高、硬度高、热处理变形小及加工性能（包括抛光性能）好的钢材和合金钢。口模等主要成型零件硬度不得低于40HRC。

5.2 管材类挤出成型机头

管材是挤出成型生产的主要产品之一。管材挤出成型机头主要用来成型软质和硬质圆形塑料管状塑件。管机头适用的挤出机螺杆长径比（螺杆长度与其直径之比）i=15～25，螺杆转速 n=10r/min～35r/min；通常要求在挤出机和机头之间安装过滤网，对于聚乙烯管材，用4×80目过滤网，对于软质塑料管可取40目左右的过滤网。

5.2.1 常用结构

挤出成型管材塑件时，常用的机头结构有挤出薄壁管材的直通式、直角式和旁侧式，除此以外，还有一种微孔流道管机头等。

直通式挤管机头如图5.2所示，其结构简单，容易制造，但熔体经过分流器及分流器支架时形成的分流痕迹（熔接痕）不易消除，另外还有长度较大、整体结构笨重的特点。直通式挤管机头适用于挤出成型软硬聚氯乙烯、聚乙烯、尼龙、聚碳酸酯等塑料管材。

直角式挤管机头如图5.3所示，塑料熔体包围芯棒流动成型时只会产生一条分流痕迹，适用于挤出成型聚乙烯、聚丙烯等塑料管材，以及对管材尺寸要求较高的场合。直角式挤管机头的优点在于与其配用的冷却装置可以同时对管材的内外径进行冷却定型，因此定径精度高。同时，熔体的流动阻力较小，料流稳定均匀，生产率高，成型质量也较高，但机头的结构较复杂，制造相对较困难。

旁侧式挤管机头与直角式相似，如图5.4所示，其结构更为复杂，熔体的流动阻力也较大，占地相对较少。

微孔流道挤管机头如图5.5所示，其出管方向与螺杆轴线一致，但它既不用分流器支架，也不用芯棒，塑料熔体通过微孔管上的众多微孔口进入口模的定型段，因此挤出的管材没有分流痕迹，强度较高，尤其适用于生产口径较大的聚烯烃类塑料管材（如聚乙烯、聚丙烯等）。

特点是机头体积小、结构紧凑、料流稳定且流速可控制。

设计这类机头应多考虑大管材因厚壁自重作用而引起壁厚不均的影响，一般应调整口模偏心，口模与芯棒的间隙下面比上面小 10%～18%为宜。

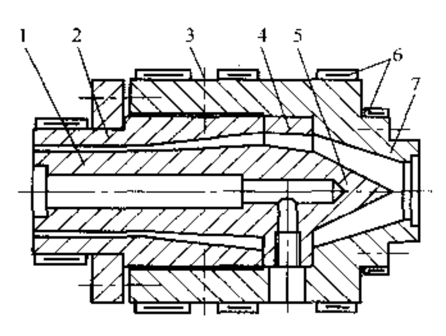


图 5.2　直通式挤管机头

1—芯模；2—口模；3—调节螺钉；4—分流器支架；
5—分流器；6—电加热器；7—机头体

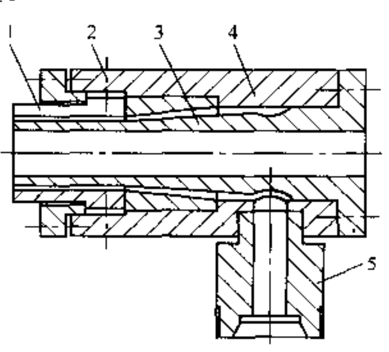


图 5.3　直角式挤管机头

1—口模；2—调节螺钉；3—芯模；4—机头体；
5—螺钉；6—连接管

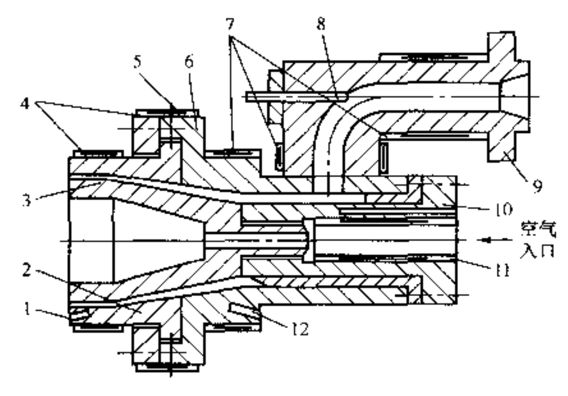


图 5.4　旁侧式挤管机头

1—温度计插孔；2—口模；3—芯棒；4，7—电热器；5—调节螺钉；
6—机头体；8，10—测温孔；9—机头；11—芯棒电热器；12—测温插孔

图 5.5　微孔流道挤管机头

根据前三种常用机头的特征归纳对比见表 5.1。

表 5.1　常用机头的特征对比

特征项目＼机头成型	直　通　式	直　角　式	旁　侧　式
挤出口径	适用于小口径管材	大小均可	大小均可
机头机构	简单	复杂	更复杂
挤管方向	与螺杆轴线一致	与螺杆轴线垂直	与螺杆轴线一致
分流器支架	有	无	无
芯棒加热	较困难	容易	容易
定型长度	应该长	不宜太长	不宜太长

5.2.2　棒材挤出成型机头的结构

塑料棒材为实心的圆形。相适应的挤出机的规格，主要依据其棒材外径大小，从成型工

艺控制角度出发，挤出机螺杆直径应小于棒材外径；依据塑料特性，对于 ABS、聚碳酸酯、聚砜、聚苯醚等适用渐变螺杆，聚甲醛、聚三氟氯乙烯等适用突变螺杆；通常螺杆长径比 i 的值取 20～25，压缩比ε的值取 2.5～3.5；除生产玻璃纤维增强塑料外，可以设置 50～80 目的过滤网。

棒材挤出成型机头的结构一般说来比较简单，如图 5.6 所示。它与管材挤出机头基本相似，不同的是管材挤出机头中的芯棒被分流器所代替，其目的是减少内部的容积及增加塑料的受热面积；有时流道中也不设分流装置，整个机头流道只要做成无滞料区的流线型就可以满足流动要求。

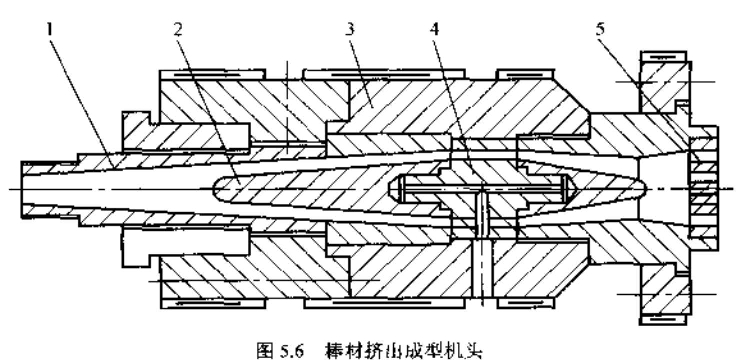


图 5.6　棒材挤出成型机头

1—口模；2—分流器；3—机头体；4—分流器支架；5—过滤板

5.2.3　电线电缆挤出成型机头

金属芯线包覆一层塑料做绝缘层和保护层，这在生产中被广泛应用，一般需在挤出机上用转角式机头挤出成型，典型结构常有以下两种形式。

1. 挤压式包覆机头

挤压式包覆机头如图 5.7 所示，塑料熔体通过挤出机过滤板进入机头体，转向 90° 后沿着芯线导向棒继续流动，由于导向棒一端与机头体内孔严密配合，熔体只能向口模一方流动，在导向棒上汇合成一封闭料环后，经口模成型区最终包覆在芯线上，芯线同时连续地通过芯线导向棒，因此包覆挤出生产能连续进行。

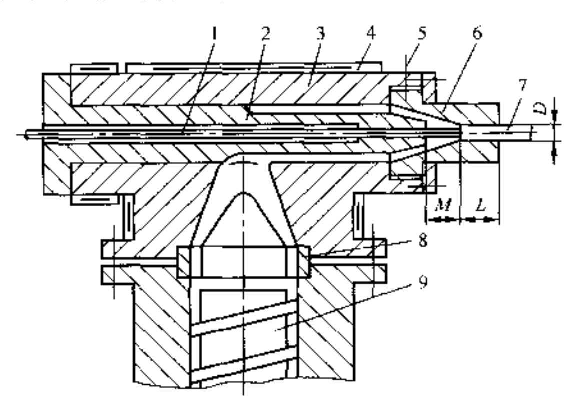


图 5.7　挤压式包覆机头

1—芯线；2—导向棒；3—机头体；4—电热器；5—调节螺钉；6—口模；7—包覆塑件；8—过滤板；9—挤出机螺杆

挤压式包覆机头通常用来生产电线。一般情况下，定型段长度 L 为口模出口处直径 D 的 1.0～1.5 倍；导向棒前端到口模定型段的距离 M 也可取口模出口直径 D 的 1.0～1.5 倍；包覆层厚度取 1.25mm～1.60mm。

2．套管式包覆机头

套管式包覆机头结构如图 5.8 所示，与挤压式包覆机头相似，不同之处在于套管式包覆机头是将塑料挤成管状，然后在口模外靠塑料管的遇冷收缩而包覆在芯线上。

塑料熔体通过挤出机过滤板进入机头体内，然后流向芯线导向棒，这时导向棒的作用相当于管材挤出机头中的芯棒，用以成型管材的内表面，口模成型管材的外表面，挤出的塑料管与导向棒同芯，塑料管挤出口模后马上包覆在芯线上。由于金属芯线连续地通过导向棒因而包覆生产也就连续地进行。

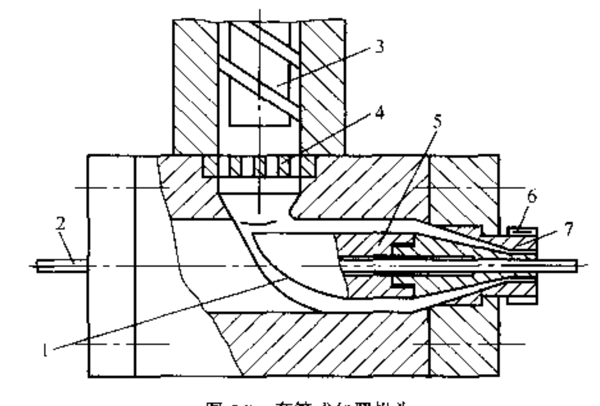


图 5.8　套管式包覆机头

1—螺旋面；2—芯线；3—挤出机螺杆；4—过滤板；5—导向棒；6—电热器；7—口模

套管式包覆机头通常用来生产电缆。包覆层的厚度随口模尺寸、导向棒头部尺寸速度及芯线牵引速度等变化，口模定型段长度 L_1 为口模出口处直径 D 的 0.5 倍以下，否则螺杆的背压过大，使电缆表面出现流痕而影响表面质量，产量也会有所降低。

5.2.4　挤出机头的设计

1．管材挤出机头

（1）口模

口模是成型管材外部表面轮廓的机头零件，其结构如图 5.1 中的 3 所示，主要尺寸为口模内径和定型段长度。

① 口模的内径

管材的外径由口模内径决定，但由于受离模膨胀效应及冷却收缩的影响，口模的内径只能根据经验而定，并通过调节螺钉（见图 5.1 中 5）调节口模与芯棒间的环隙使其达到合理值。

$$D = k\,d_s$$

式中，D —口模的内径，mm；

d_s —管材塑件的外径，mm；

k —系数，可以参考表 5.2 选取。

② 定型段长度

口模的平直部分与芯棒的平直部分组成管材的成型部分，称定型段，如图 5.1 中 L_1 所示。口模定型段的长度对于管材挤出成型质量相当重要，塑料熔体从机头的压缩区进入成型区后，料流阻力增加，熔体密度提高，同时消除分流痕迹及残余的螺旋运动，其长度 L_1 过长则会使阻力增加太大，过短又起不了定型作用，因此 L_1 的取值应适当。可以用熔体流动理论近似推导出 L_1 的计算公式，但设计实践中一般凭经验而定。

经验公式：$L_1=(0.5\sim3.0)d_s$

或 $L_1=ct$

式中，L_1—口模定型段长度；

d_s—管材的外径；

t—管材的壁厚；

c—系数，与塑料品种有关，具体数值见表5.3。

在式中，系数 C（0.5～3.0）的选取，一般对于 d_s 较大的管材取小值；反之取大值。

表5.2　系数 k 值选取表

塑料品种	硬聚氯乙烯（HPVC）	软聚氯乙烯（SPVC）	聚酰胺（PA）	聚乙烯（PE）	聚丙烯（PP）
系数 c	18～33	15～25	13～23	14～22	14～22

表5.3　定型段长度 L_1 的计算系数 c

塑料种类	定径套定管材内径	定径套定管材外径
聚氯乙烯（PVC）		0.95～1.05
聚酰胺（PA）	1.05～1.10	
聚烯烃	1.20～1.30	0.90～1.05

（2）芯棒

芯棒是成型管材内部表面形状的机头零件，其结构如图5.1中的4所示，通过螺纹与分流器连接，其中心孔用来通入压缩空气，以便对管材产生内压，实现外径定径，其主要尺寸为芯棒外径、压缩段长度和压缩角。

① 芯棒的外径

芯棒外径是指定型段的直径，由它决定管材的内径，但由于与口模结构设计同样的原因，即离模膨胀和冷却收缩效应，根据生产经验，可按下式确定：

$$d=D-2\delta$$

式中，d—芯棒的外径，mm；

D—口模的内径，mm；

δ—口模于芯棒的单边间隙，通常取（0.83～0.94）×管材壁厚，mm。

② 定型段、压缩段和压缩角

芯棒的长度由定型段和压缩段 L_2 两部分组成，定型段与口模中的相应定型段 L_1 共同构成管材的定型区，通常芯棒的定型段的长度可与 L_1 相等或稍长一些。压缩段（也称锥面段）L_2 与口模中相应的锥面部分构成塑料熔体的压缩区，其主要作用是使进入定型区之前的塑料熔体的分流痕迹被熔台消除。L_2 值可按下面经验公式确定：

$$L_2=(1.5\sim2.5)D_0$$

式中，L_2—芯棒的压缩段长度；

D_0—塑料熔体在过滤板出口处的流道直径。

压缩区的锥角 β 称为压缩角，一般在30°～60°范围内选取，β 过大时表面会较粗糙，对于低粘度塑料可取较大值，反之取较小值。

（3）拉伸比和压缩比

两者均是与口模和芯棒尺寸相关的挤出成型工艺参数。

① 拉伸比

拉伸比是指口模和芯棒在定型区的环隙截面积与挤出管材截面积的比值，它反映了在牵引力或牵引速度作用下，管材从高温型坯到冷却定型后的截面变形状况，以及纵向取向程度和拉伸强度，它的影响因素很多，一般通过实验确定，其值见表 5.4。

表 5.4　常用塑料挤出所允许的拉伸比

塑料	硬聚氯乙烯（HPVC）	软聚氯乙烯（SPVC）	ABS	高压聚乙烯 PE	低压聚乙烯 PE	聚酰胺 PA	聚碳酸酯 PC
拉伸比	1.00～1.08	1.10～1.35	1.00～1.10	1.20～1.50	1.10～1.20	1.40～3.00	0.90～1.05

拉伸比的计算公式如下 ：

$$I = \frac{D^2 - d^2}{d_s^2 - D_s^2}$$

式中，I—拉伸比；

D_s、d_s—塑料管材的内、外径；

D、d—分别为口模内径、芯棒外径。

由上式可知，在 D 确定以后，利用允许的拉伸比 I 及 D_s、d_s 尺寸，也可以确定 d。

② 压缩比

压缩比是指机头和多孔板相接处最大料流截面积（通常为机头和多孔板相接处的流道截面积）与口模和芯模在成型区的环形间隙面积之比，它可反映挤出成型过程中塑料熔体的压实程度。对于低粘度塑料，压缩比ε=4～10；对于高粘度塑料，ε=2.5～6.0。

（4）分流器和分流器支架

图 5.9 所示为分流器和分流器支架的整体结构示例图。

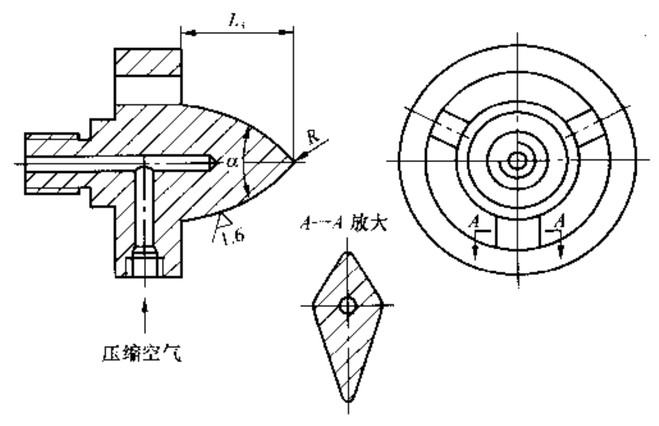


图 5.9　分流器和分流器支架整体结构示例图

在图 5.9 中，扩张角α的大小选取与塑料粘度有关，通常取 30° ～90° ，α过大时料流的流动阻力大，熔体易过热分解；α过小时不利于机头对其内的塑料熔体均匀加热，机头体积也会增大。分流器的扩张角α应大于芯棒压缩段的压缩角β。

分流器上的分流锥面长度 L_3 一般按下式确定，即

$$L_3=(0.6\sim1.5)D_0$$

式中，D_0—机头与过滤板相联处的流道直径，mm。

分流器头部圆角 R=0.5mm～2.0mm，R 也不宜过大，否则熔体容易在此处发生滞留。分流器表面粗糙度 Ra 应小于 0.4μm～0.2μm。安装分流器时，应保证它与机头体的同轴度在 0.02mm 之内，并且与过滤板之间应有一定长度的空腔（见图 5.10 所示 L_5），L_5 通常取 10mm～20mm 或稍小于 $0.1D_1$（D_1 为螺杆直径），过小料流不匀，过大则停料时间长。

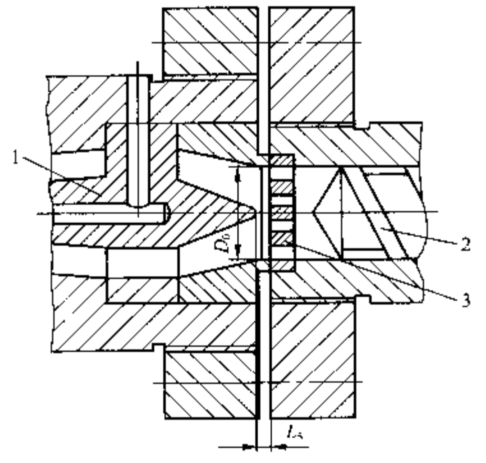


图 5.10 分流器与过滤板的相对位置

1—分流器；2—螺杆；3—过滤板

分流器支架主要用于支承分流器及芯棒，并起搅拌物料的作用，一般二者分开加工再组合而成，对于中小型机头可把分流器与支架做成一整体。支架上的分流肋应做成流线型，在满足强度要求的前提下，其宽度和长度尽可能小些，出料端角度应小于进料端角度，分流肋尽可能少些，以免产生过多的分流痕迹，一般小型机头 3 根，中型的 4 根，大型的 6～8 根。

（5）定径套的设计

流出口模的管材型坯温度仍较高，没有足够的强度和刚度来承受自重变形，同时受离模膨胀和长度收缩效应的影响，因此应采取一定的冷却定型措施，保证挤出管材准确的形状及尺寸和良好的表面质量，一般用内径定型和外径定型两种方法。由于我国塑料管材标准大多规定外径为基本尺寸，故国内常用外径定型法。

① 外径定型

外径定型有两种定径方法，如图 5.11 所示，图 5.11（a）所示为内压法定径，图 5.11（b）所示为真空吸附法定径。

图 5.11（a）中，在管子内部通入压缩空气（最好经过预热，表压 0.02MPa～0.28MPa），为保持压力，可用堵塞防止漏气。定径套内径和长度目前一般根据经验和管材壁厚来确定，见表 5.5，当管材直径大于 40mm 时，定径套的长度应小于 10 倍的管材外径，定径套内径应比管材外径放大 0.8%～1.2%；如果管材直径大于 100mm 时，定径套的长度还应再短些，通常可采用 3～5 倍的管材外径。

表 5.5　　内压法定径尺寸

塑　料	定径套内径	定径套长度
聚烯烃	(1.02～1.04) d_s	≈10 d_s
聚氯乙烯（PVC）	(1.00～1.02) d_s	≈10 d_s

注：d_s 为管材外径（mm），应用此表时 d_s 应小于 35mm。

需要指出的是，设计定径套内径时，其尺寸不得小于口模内径。

图 5.11（b）中，真空定径套生产时与机头口模不能连接在一起，应有 20mm～100mm

的距离，这样做是为了使口模中流出的管材先行离模膨胀和一定程度的空冷收缩后，再进入定径套中冷却定型。定径套内的真空度通常取 53.3kPa～66.7kPa，抽真空孔径可取 0.6mm～1.2mm（对于塑料粘度大或管材壁厚大时取大值，反之取小值）。

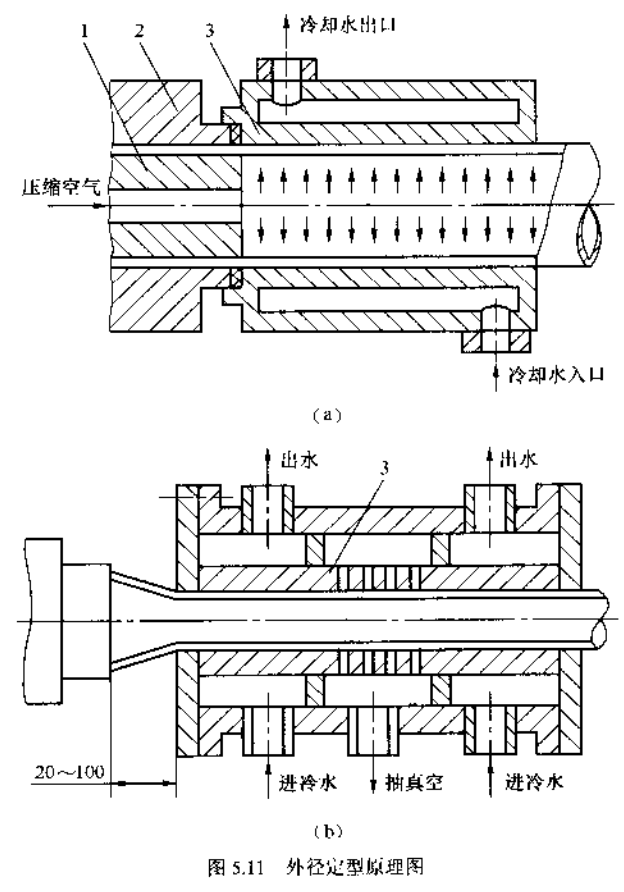


图 5.11　外径定型原理图

1—芯棒；2—口模；3—定径套

当挤出管材外径不大时，定径套内径可按下面经验公式确定：

$$d_0=(1+C_z)\,d_s$$

式中　d_0—真空定径套内径；

C_z—计算系数，参考表 5.6 选取；

d_s—管材外径。

表 5.6　　计算系数 C_z

塑　料	硬聚氯乙烯（HPVC）	聚乙烯（PE）	聚丙烯（PP）
系数 C_z	0.007～0.01	0.02～0.04	0.02～0.05

真空定径套的长度一般应大于其他类型定径套的长度，例如，对于直径大于 100mm 的管材，真空定径套的长度可取 4～6 倍的管材外径。这样有助于更好地改善或控制离模膨胀和长度收缩效应对管材尺寸的影响。

② 内径定型

管材的内径定型原理图如图 5.12 所示，通过定径套内的循环水冷却定型挤出管材，其主要优点是能保证管材内孔的圆度且操作方便。但只适用于结构比较复杂的直角式机头，不适用于挤出成型聚氯乙烯、聚甲醛等热敏性塑料管材，目前多用于挤出成型聚乙烯、聚丙烯和聚酰胺等塑料管材，尤其适用于内径公差要求比较严格的聚乙烯和聚丙烯管材。

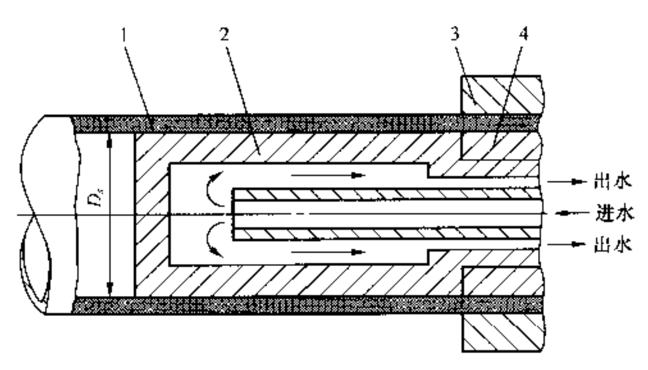


图 5.12　内径定型原理图

1—管材；2—定径套；3—机头；4—芯棒

定径套应沿其长度方向带有一定锥度，可在 0.6∶100～1.0∶100 范围内选取，基本原则为不得因锥度而影响管材内孔尺寸精度。定径套外径一般取（1+2%～1+4%）D_s（D_s 为管材内径），既利于通过修磨来保证管材内径 D_s 的尺寸公差，又可以使管材内壁紧贴在定径套上，使管壁获得较低的表面粗糙度。定径套的长度与管材壁厚及牵引速度有关，一般取 80mm～300mm，牵引速度较大或管材壁厚较大时取大值，反之则取较小值。

5.3　吹塑薄膜机头

吹塑成型可以生产聚氯乙烯、聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、聚酰胺等各种塑料薄膜，是塑料薄膜生产中应用最广泛的一种方法。根据成型过程中管坯的挤出方向及泡管的牵引方向不同，薄膜吹塑成型可分为平挤上吹、平挤下吹、平挤平吹三种方法，其中前两种使用直角式机头，后一种使用水平机头。图 5.13 所示为普遍使用的平挤上吹法生产薄膜时从侧面进料的芯棒式机头。

芯棒式机头在生产薄膜时，塑料熔体经机颈进入机头后转向 90°，经芯棒轴切分，在口模区成为管坯从机头的环形缝隙流道挤出，与此同时，压缩空气从芯棒轴中心孔吹入管坯，使被挤出的管坯吹胀成膜。

芯棒式机头结构简单，机头内部通道空隙小，存料少，熔体不易过热分解，适用于加工聚氯乙烯等热敏性塑料，仅有一条薄膜熔合线。但芯棒轴受侧向压力，会产生“偏中”现象，造成口模间隙偏移，出料不匀，所以薄膜厚度不易控制均匀。

机头的主要几何参数（参考数据）如下。

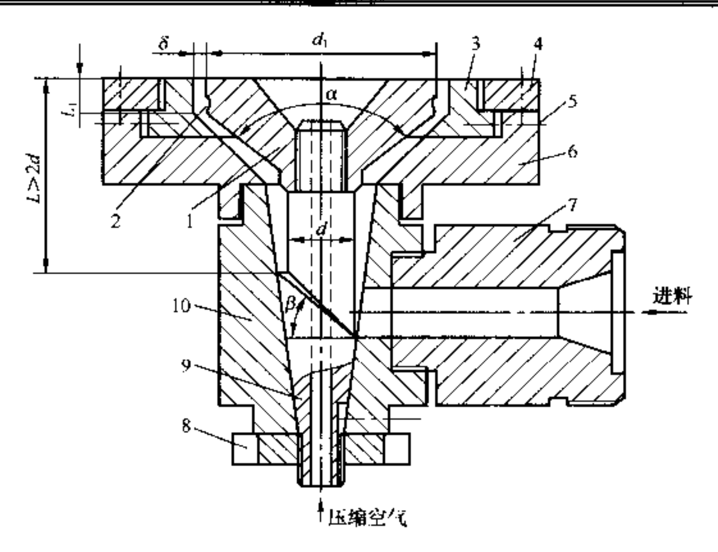


图 5.13 芯棒式机头

1—芯棒；2—缓冲槽；3—口模；4—压环；5—调节螺钉；6—上机头体；
7—机颈；8—紧固螺母；9—芯棒轴；10—下机头体

1．口模与芯棒的单边间隙

口模与芯棒的单边间隙δ=0.4mm～1.2mm，也可按 18～30 倍的薄膜厚度选取，太小时机头内反压力大，太大时又影响薄膜厚度的均匀性。一般薄膜厚度为 0.01mm～0.3mm。

2．口模定型段长度

口模定型段长度 L_1 值一般凭经验参考表 5.7 选取，通常 $L_1 \geqslant 15\delta$，以控制薄膜厚度。

表 5.7　　定型段长度 L_1 与间隙δ 的关系

塑　料	聚氯乙烯（PVC）	聚乙烯（PE）	聚酰胺（PA）	聚丙烯（PP）
L_1	（16～30）δ	（25～40）δ	（15～20）δ	（25～40）δ

3．缓冲槽尺寸

通常在芯棒的定型区开设 1～2 个缓冲槽，其深度取 h=（3.5～8）δ，宽度取 b=（15～30）δ，它的作用是用来消除管坯上的分流痕迹。

4．芯棒扩张角与分流线斜角

芯棒扩张角（流道角）α 在选取上不可取得过大，否则会对机头操作工艺控制、膜厚均匀度和机头强度设计等方面产生不良影响。α通常取 80°～90°，必要时可取 100°～120°。芯棒轴分流线斜角β的取值与塑料流动性有关，不可取得太小，否则会使芯棒尖处出料慢，形成过热滞料分解，一般取β =40°～60°。

另外，还需选择合适的吹胀比、牵引比和压缩比。吹胀比是指吹胀后的泡管膜直径与未吹胀的管坯直径（即机头口模直径）的比值，一般取 1.5～4，工程上常用 2～3；牵引比是指泡管膜牵引速度与管坯挤出速度之比值，通常取 4～6；压缩比是指机颈内流道截面积与口模定型区环形流道截面积的比值，一般应大于或等于 2。

吹塑薄膜机头除了芯棒式机头外，根据结构形式的不同，还有十字形机头（中心进料式

机头)、螺旋芯棒式机头、旋转式机头和多层复合薄膜吹塑机头。吹塑薄膜机头选用的挤出机螺杆长径比 $i \geqslant 20$，应有过滤板和过滤网，机头直径的选取不应超出挤出机的许用范围，见表 5.8。

表 5.8　　挤出机与口模直径关系（mm）

挤出机螺杆直径	$\phi 45$	$\phi 65$	$\phi 90$	$\phi 120$	$\phi 150$
吹塑薄膜机头的口模内径	<120	75～220	150～300	>220	>250

5.4　板材片材类挤出机头

热塑性塑料利用挤出成型可以生产厚度为 0.25mm～20mm 的板材和片材。目前国内板材挤出聚乙烯软板厚达 15mm，聚氯乙烯软板厚达 12mm，聚氯乙烯硬板厚达 6mm；至于厚度在 0.25mm 以下的称为薄膜。适用于板材和片材挤出成型的塑料品种有聚氯乙烯、聚乙烯、聚丙烯、ABS、抗冲聚苯乙烯、聚碳酸酯、聚酰胺、聚甲醛和醋酸纤维素等，其中前 4 种应用较多。

5.4.1　板材片材类挤出机头分类

目前多用扁平狭缝机头直接生产板材和片材，机头的进料口为圆形，内部逐渐由圆形过渡成狭缝形，最后形成宽而薄的扁平出料口。塑料熔体随着流道的变化，沿着机头内流道的宽度方向均匀分布，如果使熔料沿着机头内整个宽度截面上向前推进的速度相等，则能挤出厚度均匀一致的塑料板材或片材。用于挤出成型板材和片材的机头大致可分为鱼尾式机头、支管式机头、螺杆式机头和衣架式机头等 4 大种类。本节只简单介绍前 3 种结构形式。

1. 支管式机头

支管式机头的特点是模腔呈管状，有一个纵向切口与口模区相连通，这种管状模腔对塑料熔体进行分流，使其流动宽度达到板（片）材型坯的要求，同时还具有稳压作用，采用此种类型的机头可以挤出成型幅宽较大的板（片）材；另外，由于它的体积小、重量轻、结构简单易加工以及幅宽大多数可调等优点，因而应用较广泛。

按机头的结构形式及进料位置的不同，有以下几种常用机头结构。

（1）一端供料的直支管式机头

这种机头如图 5.14 所示，塑料熔体从支管的一端进料，而支管的另一端则被封死。支管模腔与挤出料流方向一致，塑件的宽度可由模口调节块 3 进行调节，但塑料熔体在支管内停留时间较长，容易分解变色，且温度难于控制。

（2）中间供料的直支管式机头

这种机头如图 5.15 所示，塑料熔体从支管中部进入，而后分流充满支管模腔，再从支管模腔的缝隙中挤出。支管模腔与挤出料流方向垂直，也可通过模口调节块来调节塑件的宽度，塑料熔体在支管模腔内的流程较短，温度调节相对较容易，且板材和片材型坯的厚度及性能质量沿进料口中心线对称。这类机头目前应用比较普遍。

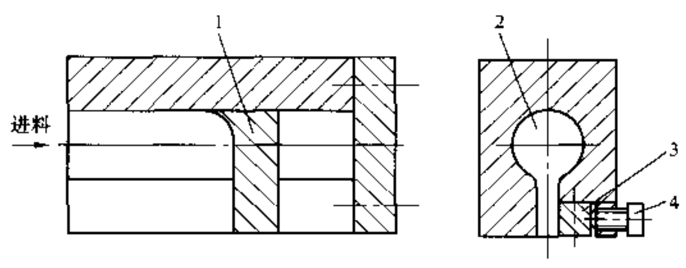


图 5.14　一端供料的直支管式机头

1—幅宽调节块；2—支管模腔；3—模口调节块；4—模口调节螺钉

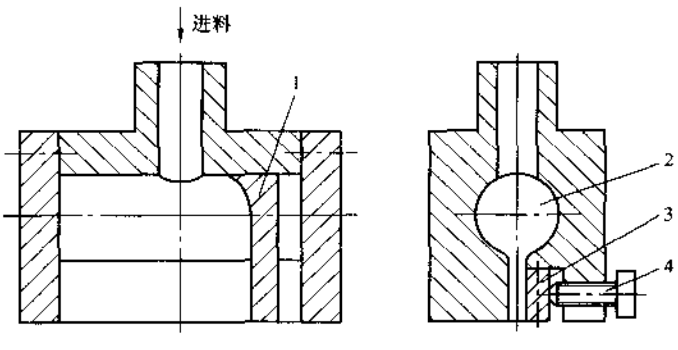


图 5.15　中间供料的直支管式机头

1—幅宽调节块；2—支管模腔；3—模口调节块；4—模口调节螺钉

（3）中间供料的弯支管式机头

这种机头如图 5.16 所示，支管模腔弯曲呈流线型。尤其适合于挤出成型熔融粘度低或粘度高而热稳定性差的塑料，但机头的加工较困难，且不能调节塑件的幅宽。

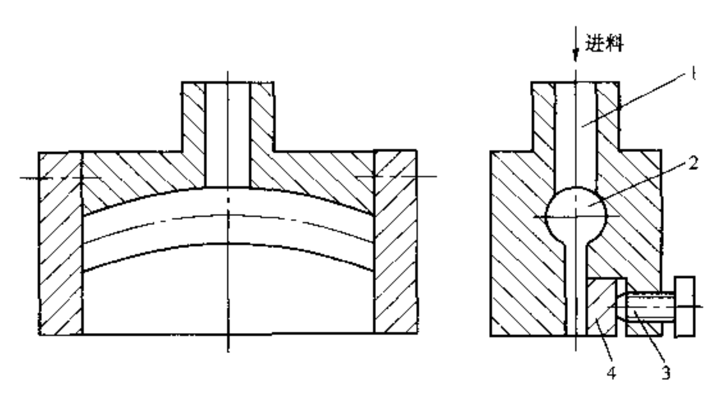


图 5.16　中间供料的弯支管式机头

1—进料口；2—弯支管模腔；3—模口调节螺钉；4—模口调节块

（4）带有阻流棒的双支管式机头

这种机头如图 5.17 所示，用于加工熔融粘度高的宽幅塑件，阻流棒的作用是用来调节流量，限制模腔中部塑料熔体的流速。采用此类机头可使宽幅板（片）材的壁厚均匀性提高 10%，成型幅宽可达 1000mm～2000mm，但塑料熔体在支管模腔内停留时间较长，易过热分解，故

不太适合于热敏性塑料，有时通过缩短支管直径及模口流道长度会有所改善。

2．鱼尾式机头

鱼尾式机头的特点是模腔呈鱼尾形状，塑料熔体从机头中部进入模腔，向两侧分流，从而在模口处挤出所要求宽度和厚度的板（片）材，这样易造成塑件厚度不均匀，为了克服此缺陷，通常在机头模腔内设置阻流器，如图 5.18 所示；还可采用阻流棒，如图 5.19 所示，以调节料流阻力的大小。机头结构较简单且易加工，适于多种塑料的挤出成型，如粘度较低的聚烯烃类塑料、粘度较高的塑料以及热敏性较强的聚氯乙烯和聚甲醛等，但不适于挤出成型宽幅板（片）材，一般幅宽小于 500mm，板厚不大于 3mm。鱼尾的扩张角不能太大，通常取 80° 左右。

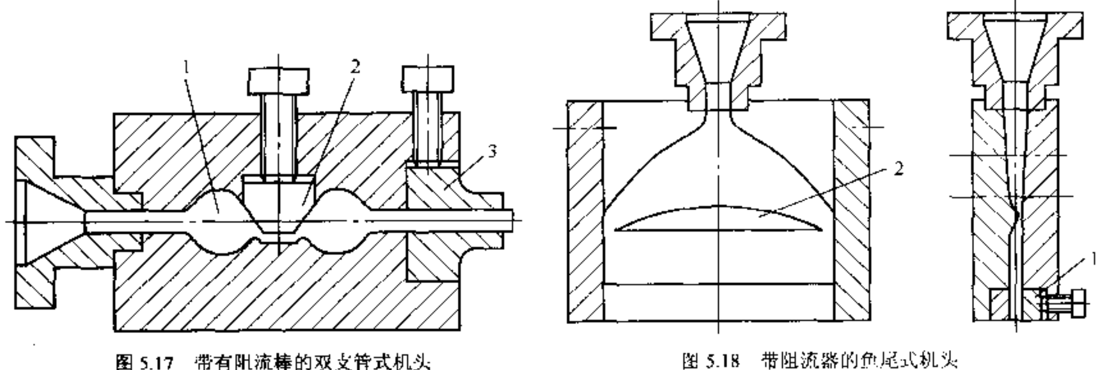


图 5.17　带有阻流棒的双支管式机头

1—支管模腔；2—阻流棒；3—模口调节块

图 5.18　带阻流器的鱼尾式机头

1—模口调节块；2—阻流器

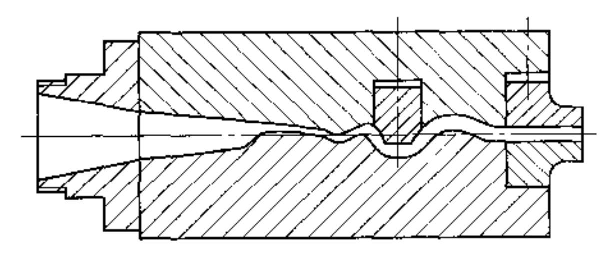


图 5.19　具有阻流器和阻流棒的鱼尾式机头

3．螺杆式机头

螺杆式机头如图 5.20 所示，由直支管式机头演变而来，在直支管模腔内加设一根可单独驱动的螺杆。螺杆旋转可进一步塑化塑料熔体并均匀地进行宽度分配，温度控制也较容易，但因螺杆需制成多头、渐变形螺纹、单独转动，故结构复杂且加工困难，成本也高，塑件表面还会出现波浪形痕迹，这类机头挤出成型板材厚度可达 20mm，幅宽达 2000mm～4000mm，且适用于各种塑

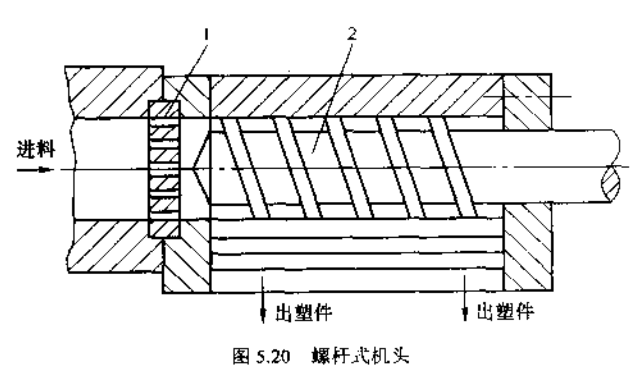


图 5.20　螺杆式机头

1—过滤板；2—螺杆

料，尤其是一些流动性差、热敏性很强的塑料。

图5.20所示为一端供料的螺杆式机头。此外，还有一种中间供料的螺杆式机头。

5.4.2　异型材挤出机头

除了前述管、棒、板（片）、薄膜等塑件外，凡具有其他截面形状的塑料挤出制件统称为异型材。目前异型材的挤出成型效率较低，原因在于异型材的截面形状不规则，其几何形状、尺寸精度、外观及强度难以可靠地保证，挤出成型工艺以及机头的设计均比较复杂，难以达到理想的效果。限于篇幅，本节仅简单介绍两类常用的板式异型材挤出机头和流线型异型材挤出机头。

1．板式机头

板式机头如图5.21所示，机头结构简单，易制造，安装调整也方便，但机头内流道截面会在口模模腔入口处出现急剧变化，形成若干平面死点，因而塑料熔体在机头内的流动条件较差，生产时间过长会过热分解。只适用于形状较简单及生产批量少的情况，对热敏性很强的硬聚氯乙烯则不适宜使用，一般多用于粘度不高、热稳定性较好的聚烯烃类塑料，有时也可用于软聚氯乙烯。

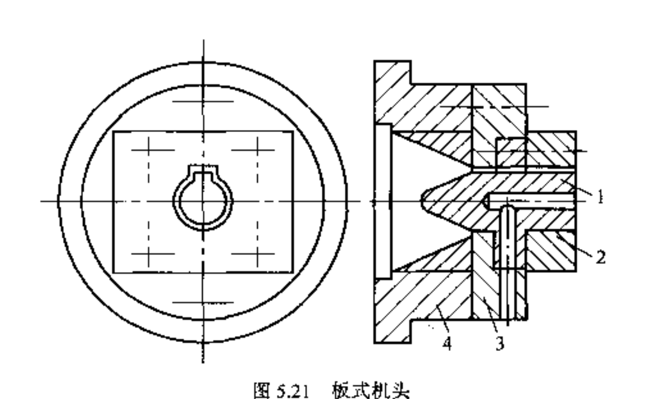


图5.21　板式机头

1—芯棒；2—口模；3—支承板；4—机头体

2．流线型机头

流线型机头如图5.22所示，要求机头内流道从进料口开始至口模的出口，其截面必须由圆形光滑地过渡为异型材所要求的截面形状和尺寸，即流道（包括口模成型区）表壁应呈光滑的流线型曲面，各处均不得有急剧过渡的截面尺寸或死角。由此可见，流线型机头的加工难度要比板式机头大，但它能够克服板式机头内流道急剧变化的缺陷，从而可以保证复杂截面的异型材及热敏性塑料的挤出成型质量，同时也适合大批量生产。

流线型机头一般采用整体式或分段拼合式。图5.22所示为整体式流线型机头，其机头内流道由圆环形渐变过渡到所要求的形状，各截面形状如图5.22中$A—A$～$F—F$所示，它的制造比分段拼合式困难，在设计时应注意使过渡部分的截面由容易加工的旋转曲面或平面组成。在异型材截面复杂的情况下，要加工出一个整体式的流线型机头是件很困难的工作。为了降低机头加工难度，采用分段拼合式流线型机头，分段拼合式流线型机头是将机头体分段以后，利用逐段局部加工和拼装方法制造出来的，这样虽然能够降低流道整体加工的难度，但拼合时难免在流道拼接处或多或少地出现一些不连续光滑的截面尺寸过渡，因此，塑料熔体在分段拼合式流线型机头中的流动条件相对较差，成型质量也比较难控制。

3．异型材挤出成型机头的设计要点

（1）必须对口模成型区的截面形状进行一定的修正

从理论上讲，异型材口模出料处的截面形状应与异型材所要求的截面形状保持一致，但实际上由于塑料性能、成型压力、成型温度、流速分布以及离模膨胀和长度收缩等因素影响，

塑料熔体从口模中流出的情况非常复杂，如果仅靠异型材截面的理论几何形状来设计口模截面，则从口模中挤出的异型材型坯经常会发生很严重的截面形状畸变，当然也就无法生产出质量合格的塑料制件。目前基本上是依靠经验对口模成型区的截面形状给予一定的修正，也有一些理论分析和计算公式可以参考，这里从略。图 5.23 所示为口模形状与塑件形状的关系。

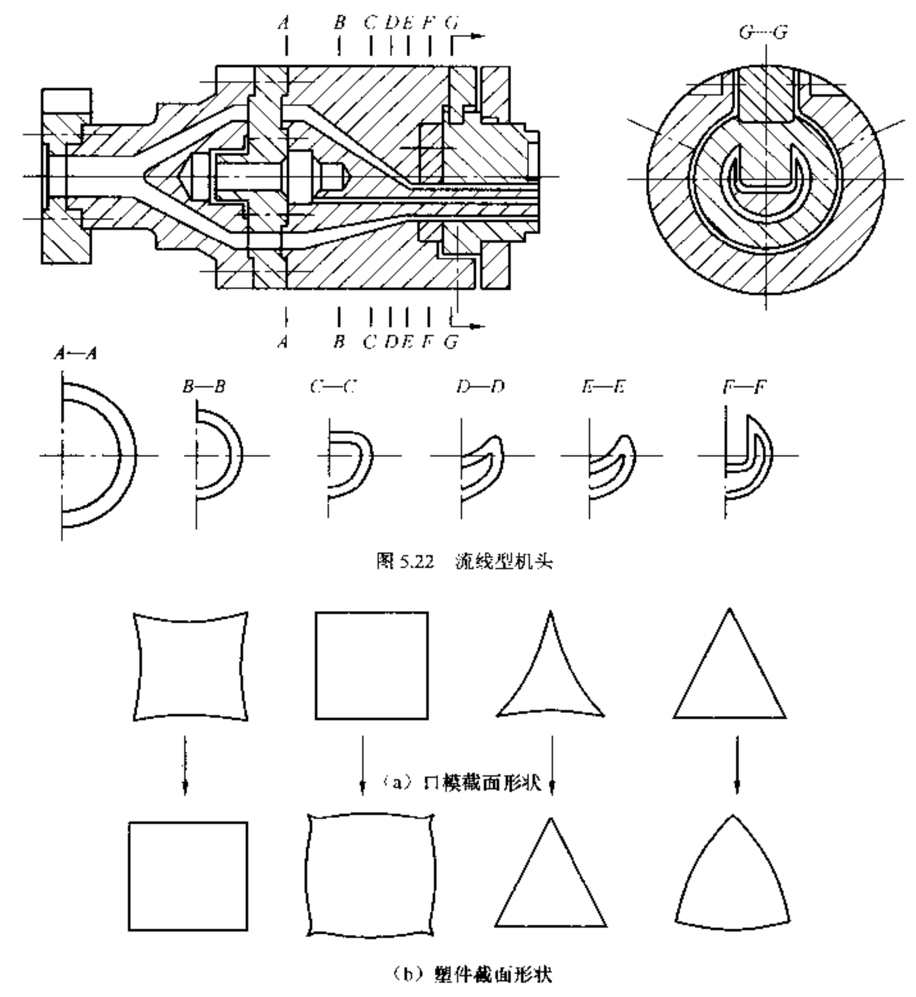


图 5.22　流线型机头

图 5.23　口模形状与塑件形状的关系

（2）机头结构参数

分流器扩张角α小于 70°，对于成型条件要求严格的塑料如硬聚氯乙烯等应尽量控制在 60°左右；机头压缩比ε可取 3～13；压缩角β取 25°～50°。

（3）机头口模的尺寸

机头口模的定型段长度 L_1 和口模流道缝隙的间隙尺寸δ 在设计上可参考表 5.9 选取。

口模径向尺寸在异型材挤出成型机头中是指口模流道的外围尺寸，由于受离模膨胀效应、工艺条件波动及塑料本身收缩率偏差和波动的影响，口模径向尺寸较难确定，因此生产尺寸精度较高的中空异型材是机头口模设计中的难题，设计时可参考表 5.10 选取。

表 5.9　不同塑料口模的 L_1、δ、t 的关系

塑　料	软聚氯乙烯（SPVC）	硬聚氯乙烯（HPVC）	聚乙烯（PE）	醋酸纤维素（CA）	聚苯乙烯（PS）
L_1/δ	6～9	20～70	16	20	20
t/δ	0.85～0.90	1.0～1.1	0.85～0.90	0.75～0.90	1.0～1.1

注：t—塑件壁厚。

表 5.10　口模流道外围尺寸与塑件外围尺寸的关系

塑　料	软聚氯乙烯（SPVC）	硬聚氯乙烯（HPVC）	醋酸纤维素（CA）	乙基纤维素（EC）
B_s/B_m	0.80～0.90	0.80～0.93	0.85～0.95	1.05～1.15
H_s/H_m	0.70～0.85	0.90～0.97	0.75～0.90	0.80～0.95

注：1. B_s—塑件宽度；H_s—塑件高度；B_m—口模流道外围宽度；H_m—口模流道外围高度。

2. 对于开式异型材（截面外部轮廓曲线完全开放）表中数值应缩小 10%～30%。

思考与练习题

1．看懂图 5.1，叙述其工作原理并写出各零部件的作用。
2．挤出机定型模的作用是什么？挤出成型模具是由几部分结构组成的？
3．挤出机头按塑件是如何分类的？
4．管材挤出机头结构包括哪几种形式？
5．管材挤出机头的工艺参数包括哪些？
6．什么是管材的拉伸比？什么是管材的压缩比？什么是吹胀比？
7．挤出成型棒材模与管材机头有何不同？
8．棒材定径套尺寸如何确定？
9．如何选用棒材挤出模中绝热板材料？
10．常用的吹塑薄膜挤出机头结构类型有哪些？各有何特点？
11．什么是板材与片材挤出机头？板材与片材挤出机头为什么要设阻流器或阻流棒？
12．异型材挤出机头有几种类型？异型材挤出机头的口模与制品形状一样吗？
13．管材挤出机头设计包括哪些零件的尺寸及其工艺参数的确定？

第6章 气动成型模具

学习目标

1. 掌握吹塑成型模具及特点，吹塑模具切口的尺寸及结构设计，吹塑塑件的设计。
2. 掌握真空成型模具结构设计，掌握真空塑件的设计。
3. 掌握压缩空气成型模具结构设计。
4. 了解压缩空气塑件的设计。
5. 了解压缩空气成型的各种成型方法及其特点。
6. 了解真空成型的各种成型方法及其成型特点。

学习建议

1. 利用图6.1～图6.3，学习吹塑成型模具的分类、特点及成型工艺。
2. 利用图6.4～图6.7，学习吹塑塑件的设计。
3. 利用图6.8～图6.10，学习吹塑模具切口的尺寸及结构设计。
4. 利用图6.11～图6.16，学习真空成型的各种成型方法及其成型特点，学习真空塑件的设计。
5. 利用图6.17～图6.19，学习压缩空气成型的成型方法及其特点。
6. 利用图6.19的型刃的形状和尺寸，学习压缩空气成型模具型刃的设计。

气动成型是指用压缩空气或抽真空来成型塑料瓶、盒、罐类制品的方法。常见的气动成型方法主要有中空吹塑成型、真空成型及压缩空气成型。

6.1 中空成型模具

6.1.1 中空吹塑模具的分类及成型工艺

中空吹塑成型是将处于塑性状态的塑料型坯置于模具型腔内，使压缩空气注入型坯中将其吹胀，使之紧贴于模腔壁上，冷却定形得到一定形状的中空塑件的加工方法。根据成型方法不同，中空吹塑成型主要可分为挤出吹塑成型、注射吹塑成型、注射拉伸吹塑成型等。

1. 挤出吹塑成型

挤出吹塑是成型中空塑件的主要方法，图6.1是挤出吹塑成型工艺过程示意图。

首先，挤出机挤出管状型坯，如图6.1（a）所示；截取一段管坯趁热将其放于模具中，闭合对开式模具同时夹紧型坯上下两端，如图6.1（b）所示；然后用吹管通入压缩空气，使型坯吹胀并贴于型腔表壁成型，如图6.1（c）所示；最后经保压和冷却定型，排出压缩空气并开模取出塑件，如图6.1（d）所示。挤出吹塑成型模具结构简单，投资少，操作容易，适

于多种塑料的中空吹塑成型。缺点是壁厚不易均匀，塑件需后加工以去除飞边。

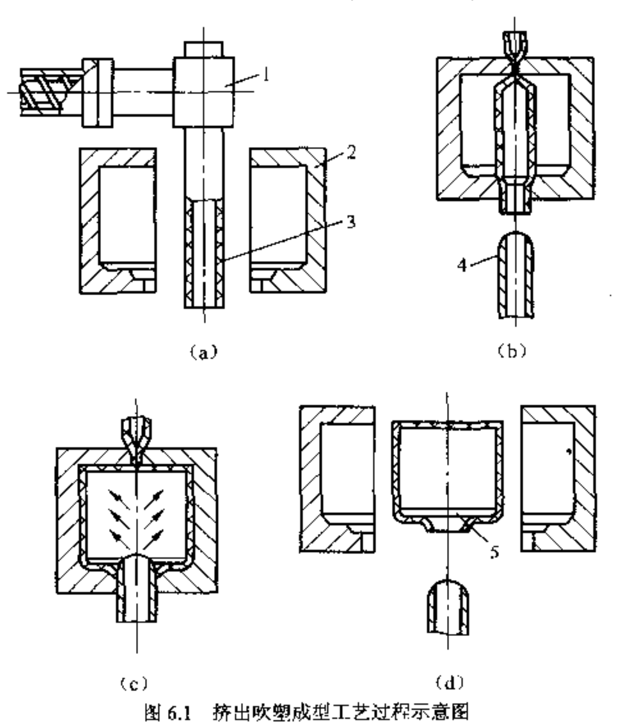


图 6.1　挤出吹塑成型工艺过程示意图

1—挤出机头；2—吹塑模；3—管状型坯；4—压缩空气吹管；5—塑件

2．注射吹塑成型

如图 6.2 所示。首先注射机将熔融塑料注入注射模内形成管坯，管坯成型在周壁带有微孔的空心凸模上，如图 6.2（a）所示；接着趁热移至吹塑模内，如图 6.2（b）所示；然后从芯棒的管道内通入压缩空气，使型坯膨胀并贴于模具的型腔壁上，如图 6.2（c）所示；最后经保压、冷却定型后放出压缩空气，且开模取出塑件，如图 6.2（d）所示。这种成型方法的优点是壁厚均匀无飞边，不需后加工。由于注射型坯有底，故塑件底部没有拼合缝，强度高，生产率高，但设备与模具的投资较大，多用于小型塑件的大批量生产。

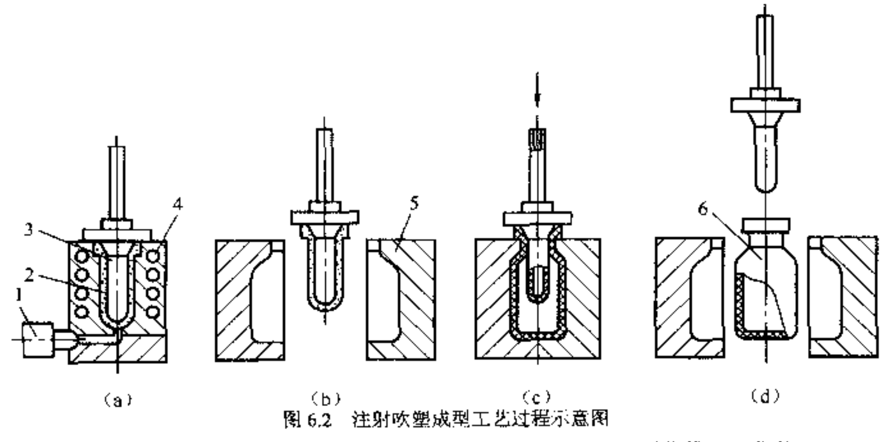


图 6.2　注射吹塑成型工艺过程示意图

1—注射机喷嘴；2—注射型坯；3—空心凸模；4—加热器；5—吹塑模；6—塑件

3．注射拉伸吹塑成型

注射拉伸吹塑是将注射成型的有底型坯加热到熔点以下适当温度后置于模具内，先用拉伸杆进行轴向拉伸后再通入压缩空气吹胀成型的加工方法。经过拉伸吹塑的塑件，其透明度、抗冲击强度、表面硬度、刚度和气体阻透性能都有很大提高。注射拉伸吹塑最典型的产品是线性聚脂饮料瓶。

注射拉伸吹塑成型可分为热坯法和冷坯法两种成型方法。

热坯法注射拉伸吹塑成型工艺过程示意图，如图 6.3 所示。首先在注射工位注射成一空心带底型坯，如图 6.3（a）所示；然后打开注射模将型坯迅速移到拉伸和吹塑工位，进行拉伸和吹塑成型，如图 6.3（b）、（c）所示；最后经保压、冷却后开模取出塑件，如图 6.3（d）所示。这种成型方法省去了冷型坯的再加热环节，所以节省能量，同时由于型坯的制取和拉伸吹塑在同一台设备上进行，占地面积小，生产易于连续进行，自动化程度高。

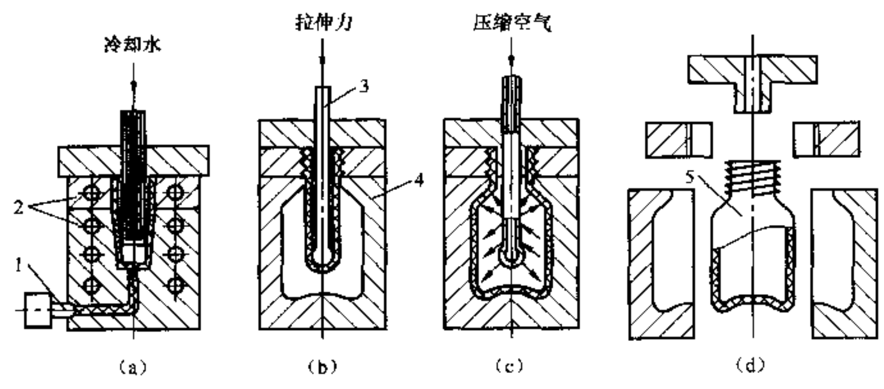


图 6.3　注射拉伸吹塑成型工艺过程示意图

1—注射机喷嘴；2—注射模；3—拉伸芯棒（吹管）；4—吹塑模；5—塑件

冷坯法是将注射好的型坯加热到合适的温度后再将其置于吹塑模中进行拉伸吹塑的成型方法。采用冷坯法时，型坯的注射和塑件的拉伸吹塑成型分别在不同设备上进行，在拉伸吹塑之前，为了补偿型坯冷却散发的热量，需要进行二次加热，以确保足够的型坯的拉伸吹塑成型温度，这种方法的主要特点是设备结构相对简单。

6.1.2　中空吹塑模具设计

1．设计时对塑件的主要要求

根据中空吹塑成型的特点，对塑件的要求主要有吹胀比、延伸比、螺纹、圆角、支承面等几方面。现分述如下。

（1）吹胀比（B_R）

吹胀比是指塑件最大直径与型坯直径之比，这个比值要选择适当，通常取 2～4，但多用 2，过大会使塑件壁厚不均匀，且加工工艺条件不易掌握。

吹胀比表示了塑件径向最大尺寸和挤出机机头口模尺寸之间的关系。当吹胀比确定以后，便可以根据塑件的最大径向尺寸及塑件壁厚确定机头型坯口模的尺寸。机头口模与芯轴的间隙可用下式确定：

$$Z=\delta B_R\alpha$$

式中，Z —口模与芯轴的单边间隙；

δ—塑件壁厚；

B_R—吹胀比，一般取 2～4；

α—修正系数，一般取 1～1.5，它与加工塑料粘度有关，粘度大则取下限。

型坯截面形状一般要求与塑件轮廓大体一致，如吹塑圆形截面的瓶子，型坯截面应是圆形的；若吹塑方桶，则型坯应制成方形截面，或用壁厚不均的圆柱料坯，以使吹塑件的壁厚均匀。如图 6.4 所示，图（a）所示吹制矩形截面容器时，则短边壁厚小于长边壁厚，而用图（b）所示截面的型坯可以改善；图（c）所示料坯吹制方形截面容器可使四角变薄的状况得到改善；图（d）所示适用于吹制矩形截面容器。

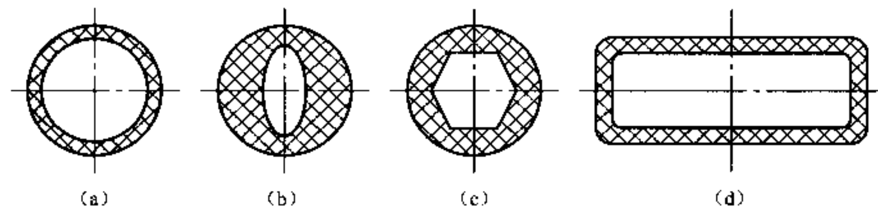


图 6.4　型坯截面形状与塑件壁厚的关系

（2）延伸比（S_R）

在注射拉伸吹塑成型中，塑件的长度与型坯的长度之比叫延伸比，图 6.5 所示的 c 与 b 之比即为延伸比。延伸比确定后，型坯的长度就能确定。实验证明，延伸比大的塑件，即壁厚越薄的塑件，其纵向和横向的强度越高。延伸比越大，得到的塑件强度越高。为保证塑件的刚度和壁厚，生产中一般取延伸比 S_R =（4～6）$/B_R$。

（3）螺纹

吹塑成型的螺纹通常采用梯形或半圆形的截面，而不采用细牙或粗牙螺纹，这是因为后者难以成型。为了便于塑件上飞边的处理，在不影响使用的前提下，螺纹可制成断续状的，即在分型面附近的一段塑件上不带螺纹，如图 6.6 所示，图（b）比图（a）易清理飞边余料。

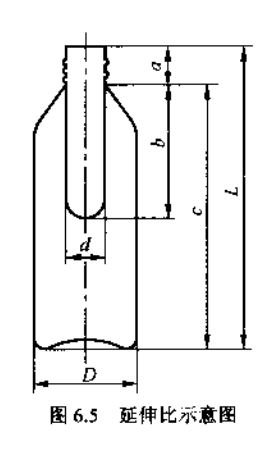


图 6.5　延伸比示意图

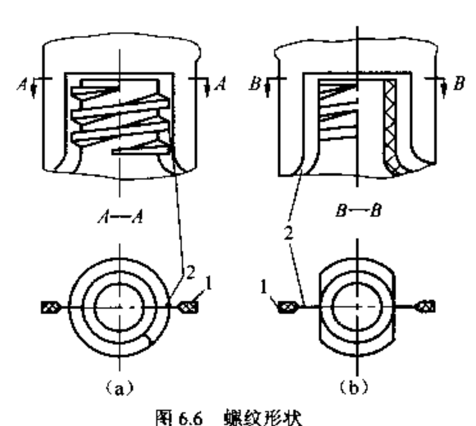


图 6.6　螺纹形状

1—余料；2—夹坏口（切口）

（4）圆角

吹塑塑件的侧壁与底部的交接和壁与把手交接等处，不宜设计成尖角，尖角难以成型，

这种交接处应采用圆弧过渡。在不影响造型和使用的前提下，圆角以大为好，圆角大，壁厚则均匀，对于有造型要求的产品，圆角可以减小。

（5）塑件的支承面

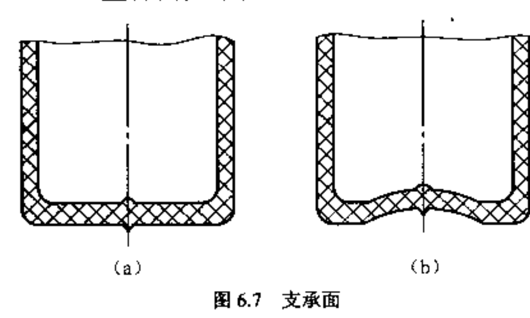


图 6.7 支承面

在设计塑料容器时，应减少容器底部的支承表面，特别要减少结合缝与支承面的重合部分，因为切口的存在将影响塑件放置平稳，如图 6.7（a）所示为不合理设计，图（b）所示为合理设计。

（6）脱模斜度和分型面

由于吹塑成型不需凸模，且收缩大，故脱模斜度即使为零也能脱模。但表面带有皮革纹的塑件脱模斜度必须在 1/15 以上。

吹塑成型模具的分型面一般设在塑件的侧面，对矩形截面的容器，为避免壁厚不均匀，有时将分型面设在对角线上。

2．模具设计要点

吹塑模具通常由两瓣合成（即对开式），对于大型吹塑模可以设冷却水通道。模口部分做成较窄的切口，以便切断型坯。由于吹塑过程中模腔压力不大，一般压缩空气的压力为 0.2MPa～0.7MPa，故可供选择做模具的材料较多，最常用的材料有铝合金、锌合金等。锌合金易于铸造和机械加工，多用它来制造形状不规则的容器。对于大批量生产硬质塑料制件的模具，可选用钢材制造，淬火硬度为 40HRC～44HRC，模腔可抛光镀铬，使容器具有光泽的表面。

从模具结构和工艺方法上看，吹塑模可分为上吹口和下吹口两类。图 6.8 是典型的上吹口模具结构图，压缩空气由模具上端吹入模腔。

图 6.9 所示是典型的下吹口模具结构图，使用时料坯套在底部芯轴上，压缩空气自芯轴吹入。

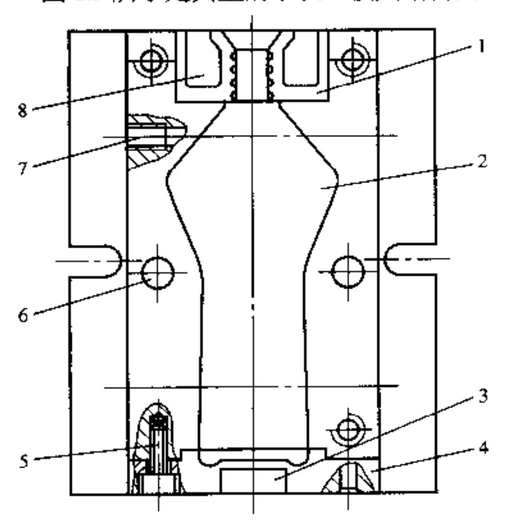


图 6.8 上吹口模具结构图

1—口部镶块；2—型腔；3，8—余料槽；4—底部镶块；5—紧固螺栓；6—导柱（孔）；7—冷却水道

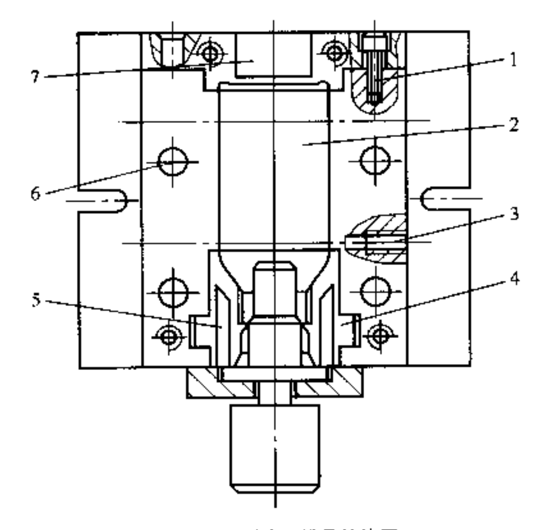


图 6.9 下吹口模具结构图

1—螺钉；2—型腔；3—冷却水道；4—底部镶块；5，7—余料槽；6—导柱（孔）

吹塑模具设计要点如下所述。

（1）夹坯口

夹坯口也称切口。挤出吹塑成型过程中，模具在闭合的同时需将型坯封口并将余料切除。因此在模具的相应部位要设置夹坯口，如图 6.10（a）所示。夹料区的深度可选择型坯厚度的 2～3 倍。

切口的倾斜角选择 15°～45°。切口宽度 L 对于小型吹塑件取 1mm～2mm，对于大型吹塑件取 2mm～4mm。如果夹坯口角度太大，宽度太小，会造成塑件的接缝质量不高，甚至会出现裂缝，如图 6-10（b）所示。

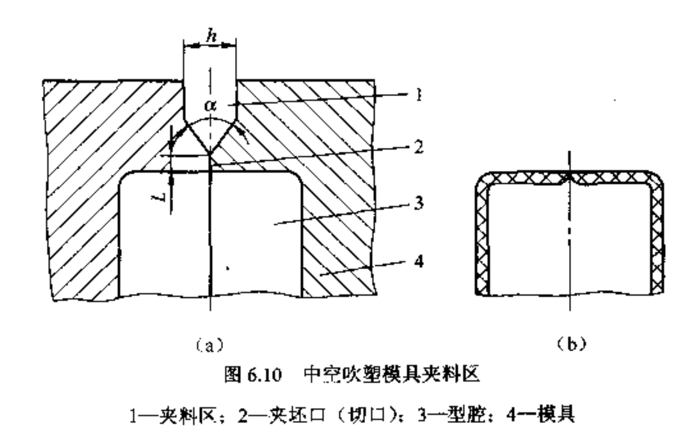


图 6.10　中空吹塑模具夹料区

1—夹料区；2—夹坯口（切口）；3—型腔；4—模具

（2）余料槽

型坯在夹坯口的切断作用下，会有多余的塑料被切除下来，它们将容纳在余料槽内。余料槽通常设置在夹坯口的两侧，如图 6.8 和图 6.9 所示，其大小应依型坯夹持后余料的宽度和厚度来确定，以模具能严密闭合为准。

（3）排气孔槽

模具闭合后，型腔呈封闭状态，应考虑在型坯吹胀时，模具内原有空气的排除问题。排气不良会使塑件表面出现斑纹、麻坑和成型不完整等缺陷。为此，吹塑模还要考虑设置一定数量的排气孔。排气孔一般在模具型腔的凹坑、尖角处以及最后贴模的地方。排气孔直径常取 0.5mm～1mm。此外，分型面上开设宽度为 10mm～20mm、深度为 0.03mm～0.05mm 的排气槽也是排气的主要方法。

（4）模具的冷却

模具冷却是保证中空吹塑工艺正常进行，保证产品外观质量和提高生产率的重要因素。对于大型模具，可以采用箱式冷却，即在型腔背后铣一个空槽；小型模具可以开设冷却水道，通水冷却。

（5）收缩率

各种常用塑料的吹塑成型收缩率见表 6.1。

表 6.1　　常用塑料的吹塑成型收缩率

塑 料 名 称	收缩率（%）	塑 料 名 称	收缩率（%）
聚甲醛	1.0～1.3	聚丙烯	1.2～2.0
尼龙	0.5～2.0	聚碳酸酯	0.5～0.8
低密度聚乙烯	1.2～2.0	聚苯乙烯	0.5～0.8
高密度聚乙烯	1.5～3.5	聚氯乙烯	0.6～0.8

6.2 真空成型模具

6.2.1 真空吸塑的成型特点及工艺

真空成型是把热塑性塑料板、片材固定在模具上，用辐射加热器进行加热至软化温度，然后用真空泵把板材和模具之间的空气抽掉，从而使板材贴在模腔上而成型，冷却后借助压缩空气使塑件从模具中脱出。

真空成型方法主要有凹模真空成型、凸模真空成型、凹凸模先后抽真空成型、吹泡真空成型、柱塞推下真空成型和带有气体缓冲装置的真空成型等方法。

1. 凹模真空成型

凹模真空成型是一种最常用最简单的成型方法，如图 6.11 所示。把板材固定并加密封在模腔的上方，将加热器移到板材上方将板材加热至软，如图 6.11（a）所示；然后移开加热器，在型腔内抽真空，板材就贴在凹模型腔上，如图 6.11（b）所示；冷却后由抽气孔通入压缩空气将成型好的塑件吹出，如图 6.11（c）所示。

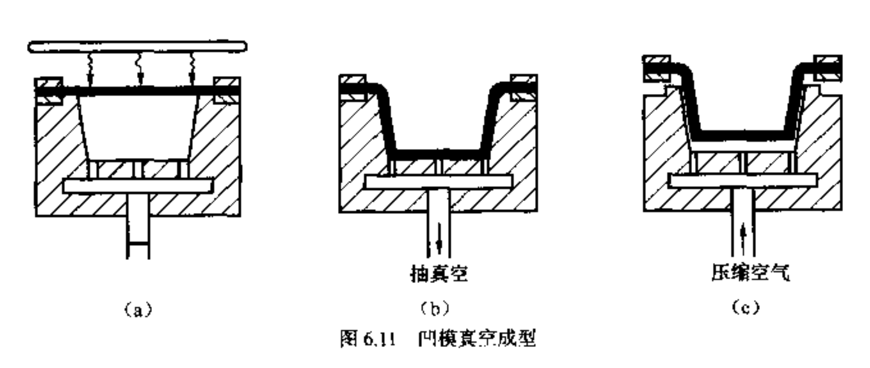


图 6.11 凹模真空成型

用凹模成型法成型的塑件外表面尺寸精度较高，一般用于成型深度不大的塑件。如果塑件深度很大时，特别是小型塑件，其底部转角扯会明显变薄。多型腔的凹模真空成型比同个数的凸模真空成型经济，因为凹模模腔间距离可以较近，用同样面积的塑料板，可以加工出更多的塑件。

2. 凸模真空成型

凸模真空成型如图 6.12 所示。被夹紧的塑料板在加热器下加热软化，如图 6.12（a）所示；接着软化板料下移，像帐篷似的覆盖在凸模上，如图 6.12（b）所示；最后抽真空，塑料板紧贴在凸模上成型，如图 6.12（c）所示。这种成型方法，由于成型过程中冷的凸模首先与板料接触，故其底部稍厚。它多用于有凸起形状的薄壁塑件，成型塑件的内表面尺寸精度较高。

3. 凹凸模先后抽真空成型

凹凸模先后抽真空成型如图 6.13 所示。首先把塑料板紧固在凹模上加热，如图 6.13（a）所示；软化后将加热器移开，然后通过凸模吹入压缩空气，而凹模抽真空使塑料板鼓起，如图 6.13（b）所示；最后凸模向下插入鼓起的塑料板中并且从中抽真空，同时凹模通入压缩空

气，使塑料板贴附在凸模的外表面而成型，如图 6.13（c）所示。这种成型方法，由于将软化了的塑料板吹鼓，使板材延伸后再成型，故壁厚比较均匀，可用于成型深型腔塑件。

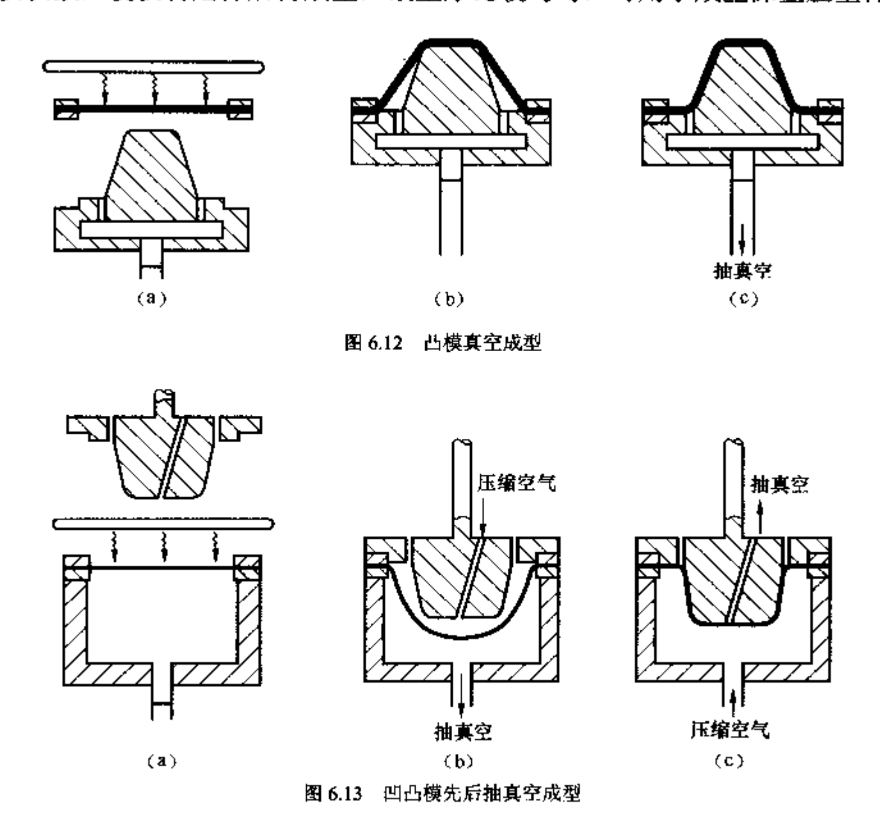


图 6.12　凸模真空成型

图 6.13　凹凸模先后抽真空成型

4．吹泡真空成型

吹泡真空成型如图 6.14 所示。首先将塑料板紧固在模框上，并用加热器对其加热，如图 6.14（a）所示；待塑料板加热软化后移开加热器，通过模框吹入压缩空气将塑料板吹鼓后将凸模顶起，如图 6.14（b）所示；停止吹气，凸模抽真空，塑料板贴附在凸模上成型，如图 6.14（c）所示。这种成型方法的特点与凹凸模先后抽真空成型的基本类似。

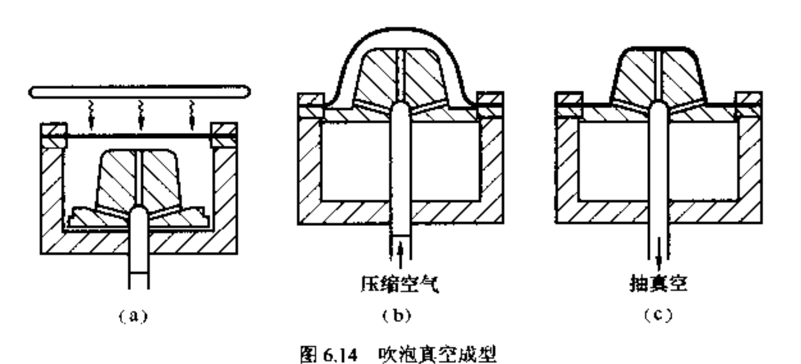


图 6.14　吹泡真空成型

5．柱塞推下真空成型

柱塞推下真空成型如图 6.15 所示。首先将固定于凹模的塑料板加热至软化状态，如图 6.15

（a）所示；接着移开加热器，用柱塞将塑料板推下，这时凹模里的空气被压缩，软化的塑料板由于柱塞的推力和型腔内封闭的空气移动而延伸，如图 6.15（b）所示；然后凹模抽真空而成型，如图 6.15（c）所示。此成型方法使塑料板在成型前先延伸，壁厚变形均匀，主要用于成型深型腔塑件。缺点是在塑件上残留有柱塞痕迹。

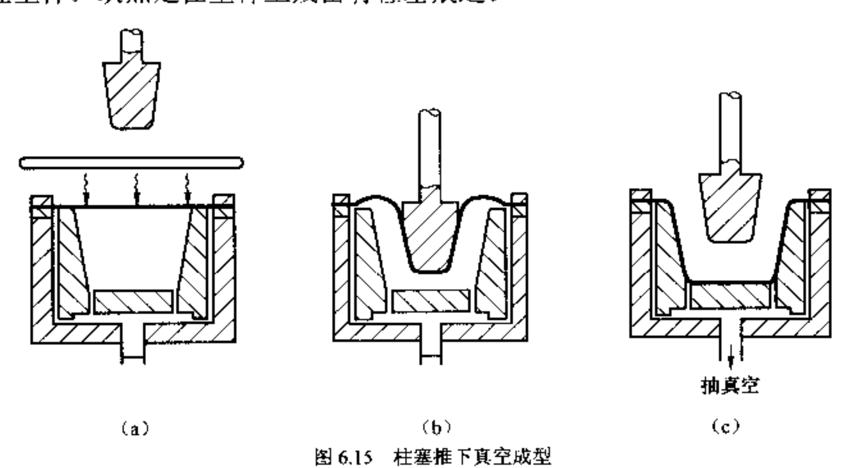


图 6.15　柱塞推下真空成型

6．带有气体缓冲装置的真空成型

带有气体缓冲装置的真空成型如图 6.16 所示，这是柱塞和压缩空气并用的形式。把塑料板加热后和框架一起轻轻地压向凹模，然后向凹模腔吹入压缩空气，把加热的塑料板吹鼓，多余的气体从板材和凹模的缝隙中逸出，同时从板材的上面通过柱塞的孔吹出已加热的空气，这时板材就处于两个空气缓冲层之间，如图 6.16（a）、（b）所示；柱塞逐渐下降，如图 6.16（c）、（d）所示；最后柱塞内停吹压缩空气，凹模抽真空，使塑料板贴附在凹模型腔上成型，同时柱塞升起，如图 6.16（e）所示。这种方法成型出的塑件壁厚较均匀，并且可以成型较深的塑件。

6.2.2　塑件设计

真空成型对于塑件的几何形状、尺寸精度、塑件的深度与宽度之比、圆角、脱模斜度、加强筋等都有具体要求，具体如下所述。

1．塑件的几何形状和尺寸精度

用真空成型方法成型塑件，塑料处于高弹态，成型冷却后收缩率较大，很难得到较高的尺寸精度。塑件通常也不应有过多的凸起和深的沟槽，因为这些地方成型后会使壁厚太薄而影响强度。

2．塑件深度与宽度（或直径）之比

塑件深度与宽度之比称为引伸比，引伸比在很大程度上反映了塑件成型的难易程度。引伸比愈大，成型愈难。引伸比和塑件的均匀程度有关，引伸比过大会使最小壁厚处变得非常薄，这时应选用较厚的塑料来成型。引伸比还与塑料的品种有关，成型方法对引伸比也有很大影响。一般采用的引伸比为 0.5～1，最大不超过 1.5。

3．圆角

真空成型塑件的转角部分应以圆角过渡，并且圆弧半径应尽可能大，最小不能小于板材的厚度，否则塑件在转角处容易出现厚度减薄以及应力集中的现象。

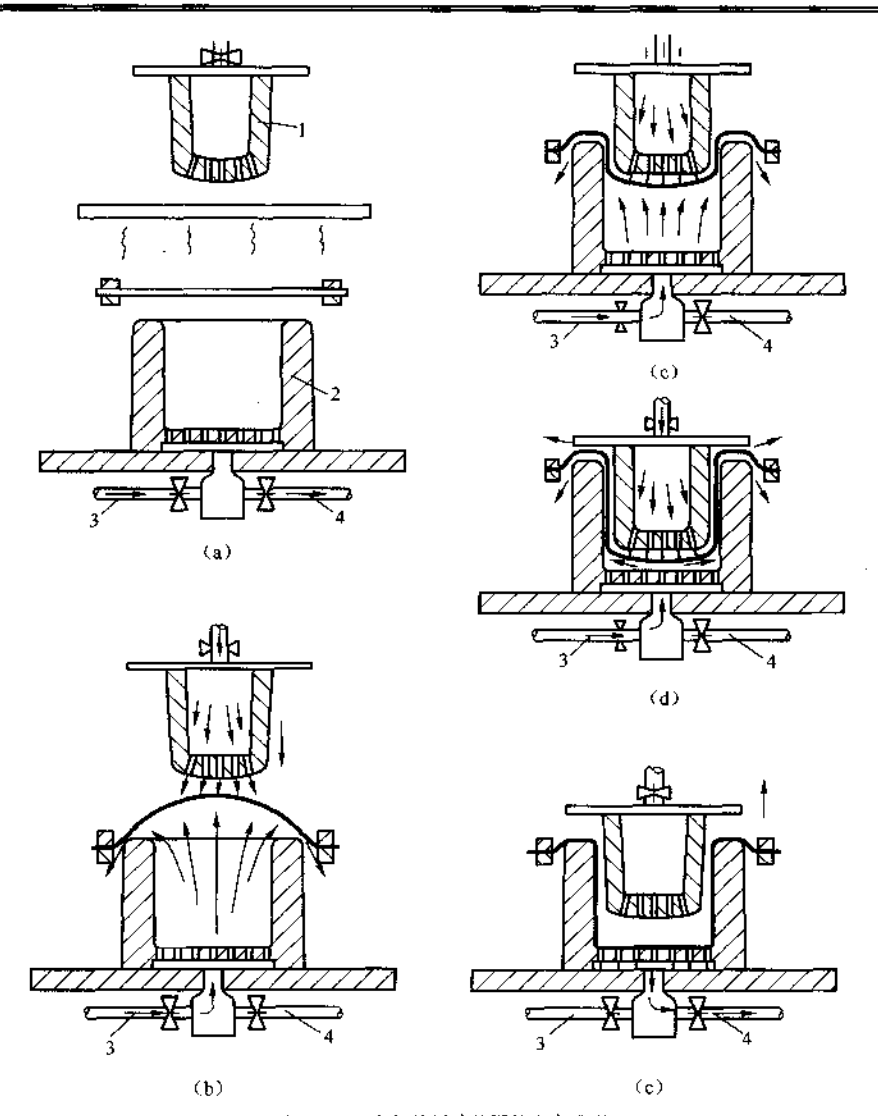


图 6.16　带有气体缓冲装置的真空成型

1—柱塞；2—凹模；3—空气管路；4—真空管路

4．斜度

和普通模具一样，真空成型也需要有脱模斜度，斜度范围在 1°～4°，斜度大不仅使脱模容易，也可使壁厚的不均匀程度得到改善。

5．加强筋

真空成型件通常是大面积的盒形件，成型过程中板材还受到引伸作用，底角部分变薄，因此为了保证塑件的刚度，应在塑件的适当部位设计加强筋。

6.2.3　模具设计

真空成型模具设计包括：恰当地选择真空成型的方法和设备；确定模具的形状和尺寸；了解成型塑件的性能和生产批量，选择合适的模具材料。

模具的结构设计如下所述。

（1）抽气孔的设计

抽气孔的大小应适合成型塑件的需要，一般对于流动性好、厚度薄的塑料板材，抽气孔要小些，反之可大些。总之需满足在短时间内将空气抽出，又不要留下抽气孔痕迹的要求。一般常用的抽气孔直径是 0.5mm～1mm，最大不超过板材厚度的 50%。

抽气孔的位置应位于板材最后贴模的地方，孔间距可视塑件大小而定。对于小型塑件，孔间距可在 20mm～30mm 范围选取，大型塑件则应适当增加距离。轮廓复杂处，抽气孔应适当密一些。

（2）型腔尺寸

真空成型模具的型腔尺寸同样要考虑塑料的收缩率，其计算方法与注射模型腔尺寸计算相同。真空成型塑件的收缩量，大约有 50%是塑件从模具中取出时产生的，25%是取出后保持在室温下 1h 内产生的，其余的 25%是在以后的 8h～24h 内产生的。用凹模成型的塑件比用凸模成型的塑件，其收缩量要大 25%～50%。影响塑件尺寸精度的因素很多，除了型腔的尺寸精度外，还与成型温度、模具温度等有关，因此要预先精确地确定收缩率是困难的。如果生产批量比较大，尺寸精度要求又较高，最好先用石膏模型试出产品，测得其收缩率，以此作为设计模具型腔的依据。

（3）型腔表面粗糙度

真空成型模具的表面粗糙度太低时，对真空成型后的脱模很不利，一般真空成型的模具都没有顶出装置，靠压缩空气脱模。如果表面粗糙度太低，塑料板粘附在型腔表面上不易脱模，因此真空成型模具的表面粗糙度较高。其表面加工后，最好进行喷砂处理。

（4）边缘密封结构

为了使型腔外面的空气不进入真空室，在塑料板与模具接触的边缘应设置密封装置。

（5）加热、冷却装置

对于板材的加热，通常采用电阻丝或红外线。电阻丝温度可达 350℃～450℃，对于不同塑料板材所需的不同的成型温度，一般是通过调节加热器和板材之间的距离来实现。通常采用的距离为 80mm～120mm。

模具温度对塑件的质量及生产率都有影响。如果模温过低，塑料板和型腔一接触就会产生冷斑或内应力以致产生裂纹；而模温太高，塑料板可能粘附在型腔上，塑件脱模时会变形，而且延长了生产周期。因此模温应控制在一定范围内，一般在 50℃左右。各种塑料板材真空成型加热温度与模具温度见表 6.2。塑件的冷却一般不单靠接触模具后的自然冷却，要增设风冷或水冷装置加速冷却。风冷设备简单，只要压缩空气喷即可。水冷可用喷雾式，或在模内开冷却水道。冷却水道应距型腔表面 8mm 以上，以避免产生冷斑。冷却水道的开设有不同的方法，可以将铜管或钢管铸入模具内，也可在模具上打孔或铣槽，用铣槽的方法必须使用密封元件并加盖板。

表 6.2　　真空成型所用板材加热温度与模具温度（℃）

塑料 / 温度	低密度聚乙烯（HDPE）	聚丙烯（PP）	聚氯乙烯（PVC）	聚苯乙烯（PS）	ABS	有机玻璃（PMMA）	聚碳酸酯（PC）	聚酰胺-6（PA-6）	醋酸纤维素（CA）
加热温度	121～191	149～202	135～180	182～193	149～177	110～160	227～246	216～221	132～163

续表

塑料 / 温度	低密度聚乙烯（HDPE）	聚丙烯（PP）	聚氯乙烯（PVC）	聚苯乙烯（PS）	ABS	有机玻璃（PMMA）	聚碳酸酯（PC）	聚酰胺-6（PA-6）	醋酸纤维素（CA）
模具温度	49～77	—	41～46	49～60	72～85	—	77～93	—	52～60

6.3　压缩空气成型模具

6.3.1　压缩空气成型的特点

压缩空气成型的工艺过程如图 6.17 所示。图（a）所示为成型前的状态；图（b）所示为闭模状态，闭模后向型腔内通入低压空气，迫使塑料板与加热板直接接触以提高传热效率，同时加热板处于排气状态；图（c）所示为成型状态。塑料板材加热软化后，停止向型腔内通入低压空气，同时从模具上方通过加热板向已加热软化的坯材通入压力为 0.8MPa 的预热空气，迫使软化的塑料板材紧贴在模具内型腔表面上成型；图（d）所示为成型后的状态，制品在型腔内冷却定型后，加热板下降一小段距离，切除余料；图（e）所示为加热板上升，借助于压缩空气将塑料制品取出的状态。

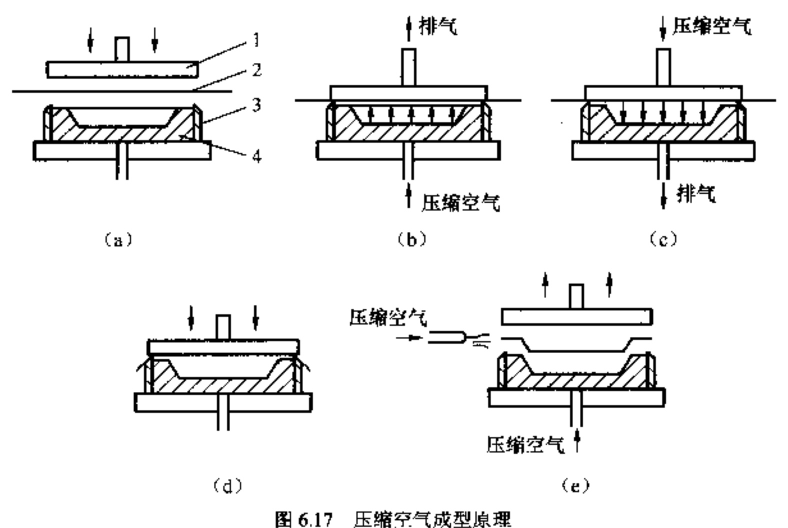


图 6.17　压缩空气成型原理

1—加热板；2—塑料板；3—型刃；4—凹模

6.3.2　压缩空气成型模具

1．压缩空气成型模具结构

压缩空气成型模具结构如图 6.18 所示。在加热板 2 内设置有电加热棒 11，压缩空气由压缩空气管 1 经热空气室 3 穿过板上的空气小孔 5 使塑料板材在凹模 10 内成型，型刃 9 将板材的余料切断。

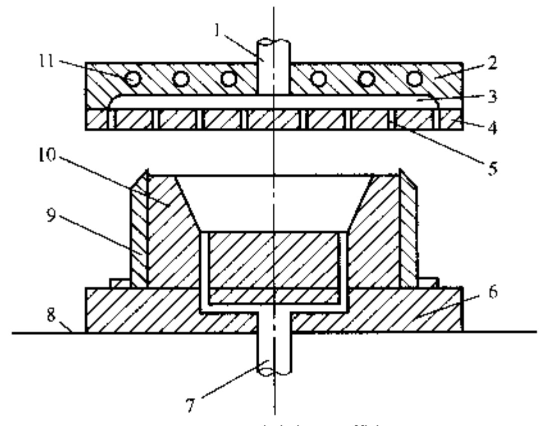


图 6.18　压缩空气成型模具

1—压缩空气管；2—加热板；3—热空气室；4—面板；5—空气孔；
6—底板；7—通气孔；8—工作台；9—型刃；10—凹模；11—加热棒

压缩空气成型与真空成型在结构上的不同点有如下几点。

（1）增加了模具型刃，制品成型后可直接在模具上将余料切除。

（2）加热板作为模具结构的一部分，塑料板直接接触加热板，加热速度快。

（3）压缩空气成型中的排气孔在真空成型模具上是抽气孔，另外在模具中还要设置进气孔。

2. 压缩空气成型模具的设计要点

压缩空气成型的模具型腔与真空成型腔基本相同。压缩空气成型模具的主要特点是在模具边缘设置型刃，型刃的形状和尺寸如图 6.19 所示。型刃不可太锋利，避免造成塑料板刚一接触就被切断；但也不可太钝，否则会使板料的余料切不下来。一般型刃角度以 20°～30° 为宜，顶端削平 0.1mm～0.15mm，两侧以 R=0.05mm 的圆弧相连。型刃的顶端需比型腔的端面高出一段距离 h，h 应为板材的厚度再加上 0.1mm。这样在成型时，放在凹模型腔端面上的板材同加热板之间能形成间隙，此间隙可使板材在成型期间不与加热板接触，避免板材过热造成产品缺陷。型刃的安装也很重要，型刃和型腔之间应有 0.25mm～0.5mm 的间隙，作为空气的通路，也易于模具的安装。为了使型刃能均匀地将板材压在加热板上，防止漏气，要求型刃与加热板之间有很高的平行度。

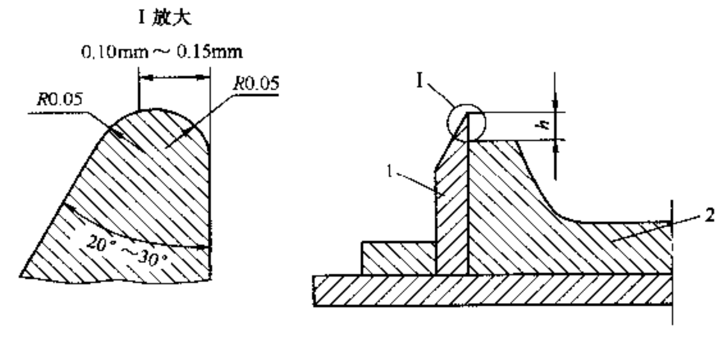


图 6.19　型刃的形状和尺寸

1—型刃；2—凹模

思考与练习题

1. 中空吹塑成型模具分为哪几类？各有何特点？

2. 中空吹塑成型模具在设计时需注意哪些问题？中空吹塑成型的塑料制品有何要求？

3. 什么是吹胀比？如何计算模具尺寸？

4. 真空成型的方法有哪些？各有何异同？

5. 真空成型模具设计时需注意哪些问题？真空成型的塑料制品有何要求？

6. 凸模真空成型与凹模真空成型，塑件尺寸精度有何不同？

7. 如何确定真空成型模具抽气孔的位置？

8. 设计压缩空气成型的模具的型刃需注意哪些问题？

9. 压缩空气成型与真空成型相比，其成型原理、成型特点、加热方式及模具结构有何异同？

第 7 章

塑料模具寿命与材料

学习目标

1. 掌握塑料模具寿命及影响塑料模具寿命的因素和提高寿命的方法。
2. 掌握塑料模具的主要失效形式及原因分析。
3. 掌握塑料模具材料的选用及热处理要求并会合理选用。
4. 掌握对塑料模具成型零件的材料的基本要求。
5. 了解塑料模具材料的市场使用情况和我国引进国外塑料模具材料牌号和性能。

学习建议

1. 利用表 7.1 和节 7.1 内容，学习模具主要失效形式，模具寿命及影响塑料模具寿命的因素和提高寿命的方法。

2. 学习节 7.2 内容，熟悉塑料模具材料的选用及热处理要求并会合理选用，掌握对塑料模具成型零件的材料的基本要求。

3. 学习附表 6 和节 7.2 内容，了解塑料模具材料的市场使用情况和我国引进国外塑料模具材料牌号和性能。

7.1 塑料模具寿命

7.1.1 塑料模具的工作条件及失效形式

塑料模具（简称塑料模）在成型过程中受一定外力和热的作用，所受的力有合模时的压力、型腔内熔体的压力、开模时的拉力等。其中主要是塑料熔体对型腔的压力，因而进行型腔强度和刚度计算时是以熔体对型腔的最大压力为依据的。塑料模在模塑时所受的成型压力一般为 30MPa～200MPa。

由于塑料模所成型的塑料不同，对模具温度的要求不同，工作条件和特点也不同，常见塑料模具工作条件和特点见表 7.1。

表 7.1　　常见塑料模具工作条件和特点

名　称	工 作 条 件	特　点
热固性塑料模	受热（160℃～200℃），受力大，易磨损，易侵蚀，受到周期性脱模的冲击和碰撞	一般含大量固体填充剂，多以粉末状直接加入热压成形，热机械负荷和磨损大
热塑性塑料模	受热，受压，受磨损但不严重，部分制品含氟和氯，析出腐蚀性气体，易腐蚀型腔表面	通常不含有固体填充，以软化状态注入型腔。含玻璃纤维填充，对型腔磨损较大

热塑性塑料注射成型的模具温度一般在 150℃以下；而热固性塑料注射成型时模具温度达 160℃～200℃，压缩模塑模具温度一般也在 160℃～200℃范围内。对于流动性差的塑料快速成型时，会使模具局部温度达到很高。注射（压制）时温度高，制品脱模时温度低，因此塑料模具温度是周期性变化的。

在塑料熔体充模时，模具工作零件，尤其是浇注系统，明显地受到熔体流动的摩擦和冲刷，特别是模塑以下无机纤维材料为填料的增强塑料时更为突出。

当模塑聚氯乙烯、氟塑料及阻燃级的 ABS 塑料制品时，在其成型过程中分解出的 HCl、SO_2、HF 等腐蚀性气体，会使模具表面腐蚀损坏。

由于塑料模在上述工作条件下工作，因而可能产生的主要失效形式有：摩擦磨损，动、定模对插部位的粘合磨损，过量变形和破裂，表面腐蚀等。一旦模具破裂或塑料制品形状、尺寸精度和表面质量不符合要求，溢料严重，飞边过大，而模具又无法修复，此时模具失效。模具失效之前所成型的制品总数量为模具寿命。模具寿命是影响塑料制品成本的重要因素，因而如何提高模具寿命是塑料模塑成型的重要课题。

7.1.2　影响塑料模具寿命的因素及提高寿命的方法

1．塑料特性

不同塑料品种的模塑的成型温度和压力是不同的，由于工作条件不同，对模具寿命就有不同的影响。以无机纤维材料为填料的增强塑料的模塑成型，模具磨损较大。模塑过程会产生腐蚀性气体的塑料成型，会腐蚀模具表面。因此，应在满足使用要求的前提下，尽量选用模塑工艺性能良好的塑料来制造制品，这样既有利于模塑成型，又有利于提高模具寿命。

2．模具结构

在模具的成型零件结构设计及强度和刚度计算的论述中可以得出如下结论：不同结构形式的型腔和型芯，其强度和刚度以及易损坏部分的修理更换方便与否是不同的。从模具寿命考虑应采用强度和刚度好又便于修理的结构形式以延长模具寿命。

导向装置的结构及精度直接影响型芯型腔的合模，影响模具寿命及制品精度。因而必须选择适当的导向形式和导向精度。

塑料模中的各种孔在模板中的位置都应尽量避开应力最大的部位，以免工作时该部位应力超过允许值而损坏。

实践证明，尖角和截面突变是导致模具破裂和失效的重要原因，应尽量避免。

3．模具材料及热处理

一般情况下，模具材料及热处理是影响塑料模具寿命的主要因素。但目前，除了部分热固性塑料和一些增强塑料的成型模具对强度、刚度、硬度和耐磨性要求较高外，就大部分热塑性塑料模具而言，也有上述要求，但对模具材料的加工工艺性却有更高的特殊要求。这是由于塑料模型腔比较复杂，精度和表面光洁程度要求高的缘故。

塑料模工作零件以往一般采用正火或调质状态的 45 钢或合金结构钢制造，模具寿命不高，制品精度较差。近年来开发了不少新型塑料模具材料，既有优良的强度和耐磨性，又有良好的加工工艺性，不仅大大提高了制品质量，而且大大提高了模具寿命。例如以 PMS 钢代替 45 钢制造电话机壳体塑料模，制品质量达到国外先进水平，模具寿命超过 50 万件。这说

明模具材料的研究和应用对提高模具寿命的潜力很大。

4．模具的加工及表面处理

模具的热加工、机械加工和电加工工艺以及处理都对模具寿命有重要的影响而必须提高模具毛坯的铸造和热处理工艺水平，以保证模具的力学性能。还应不断改进模具加工方法，以减小内应力和提高模具表面质量，从而提高模具寿命。

采用冷挤压、超塑性成型等方法制造型腔模也是提高模具寿命的途径。

对于塑料模来说，由于制品表面质量的要求和耐蚀性以及脱模的需要，塑料模工作表面的光滑程度要求很高，因而除了应合理选择模具材料外，还常对模具进行镀铬等表面处理，以进一步提高表面光滑程度，提高耐磨性和耐蚀性，从而提高模具寿命。

此外，压力机或注射机的精度和刚度、模具的使用和维护都对模具寿命有直接影响。

7.2 塑料模具材料及选用

7.2.1 模具成型零件对材料的要求

对塑料模具成型零件的材料有以下基本要求。

1．具有足够的强度、刚度、耐疲劳性和足够的硬度、耐磨性。对于成型含有硬质填料的增强塑料应具有更高的耐磨性。

2．具有一定的耐热性和小的热膨胀系数。尤其如聚碳酸酯、聚砜、聚苯醚等成型温度高的塑料，要求模具具有良好的热稳定性，即在较高温度下强度、硬度没有明显的变化。

3．热处理变形和开裂倾向小，在使用过程中尺寸稳定性好，对高精度的塑料制品，如光学镜片等，模具尺寸只允许微小的变化。

4．具有优良的切削加工性能和抛光性以及表面装饰纹加工性。

5．耐腐蚀性好，尤其在模塑成型中会产生腐蚀性气体的塑料，对模具的耐蚀性要求较高。

6．抛光性能要好。塑件要求有良好的光泽和表面状态，模具必须很好地镀铬抛光。因此选用钢材不应有粗糙的杂质和气孔。

7.2.2 塑料模具材料

国内塑料模具钢品种少，质量差，性能低。虽然国内也研制出许多高性能模具钢，但大多数是20世纪七八十年代研制的，因种种原因，真正使用的量较少，钢种也不多。塑料模具钢是国内发展得较滞后，到目前为止仍未形成完整系列的钢种。国内常用的塑料模具钢仍然是含0.4%～0.6%碳的碳素结构钢，如45和40Cr，另外再以TIOA、GCr15、CrWMn、5CrNiMo、5CrMnMo、Cr12、Cr12MoV等做补充。20世纪90年代以后，国内先后开发了十余种新型塑料模具钢，主要有以下几种。

（1）预硬化型塑料模具钢 3Cr2Mo是国内较早开发的塑料模具钢，与AISI P20相当。在使用时，一般是先进行预硬处理，然后再进行切削加工。该钢适用于制造大、中型精密塑料模具，如电视机、洗衣机壳体等塑料模具，并已获得较大量应用。除3Cr2Mo钢外，国内

先后开发的 5CrNiMnMoVSCa（简称 5NiSCa）、8Cr2MnWMoVS（简称 8Cr2）、40CrMnVBSCa（简称 P20BSCa）、Y55CrNiMnMoV（代号 SMI）等都是易切削型预硬塑料模具钢，此类钢不仅适用于制造大、中型精密注塑模具，还可用于制造精密冷作模具。

（2）时效硬化型塑料模具钢 根据制造高精度、复杂塑料模具的需要，国内先后开发了几种时效硬化型塑料模具钢，如 10Ni3MnCuAI（代号 PMS）、 25CrNi3MoAI、Y20CrNi3lMnMo（代号 SM2）、06Ni6CrMoVTiA1（代号 06）等。此类钢切削加工性能好，加工后再时效处理，由于时效温度低，时效过后模具变形很小，所以适用于制造高精度、复杂的热塑性塑料模具。10Ni3MnCuAI（代号 PMS），该钢具有优良的镜面加工性能，模具表面粗糙度可达 *Ra*0.05μm，适用于制造要求高镜面、高精度的各种热塑性塑料制品模具，如光学仪器镜片模具，磁带内外壳和电话机、石英钟、车辆灯具等塑料壳体模具。Y20CrNi3AIMnMo（代号 SM2），含 0.1%左右的 S，切削加工性能得到了改善，是一种易切削型时效塑料模具钢。

（3）耐腐蚀塑料模具钢 OCr16Ni4Cu3Nb（代号 PCR）属于马氏体沉淀硬化不锈钢，该钢在含有氟、氯等离子的腐蚀性介质中的耐蚀性明显优于 17-4PH（OCr17Ni4Cu4），适用于制造含氯、氟或混入阻燃剂的热塑性塑料的注射模具。

（4）非调质塑料模具钢 非调质钢在锻、轧后即可达到预硬，不需再进行调质处理。为改善切削加工性能，有些钢种还添加了适量的 P、S 和 Ca。国内对非调质塑料模具钢的开发较晚，25CrMnVTiSCaRE（代号 FT）、2Cr2MnMoVS 和 2Mn12CrVCaS 是近几年开发的新钢种。锻、轧空冷后，FT 钢 *Φ*100mm 圆钢的硬度可以达到 HRC30-35。

塑料模具用钢的选择可根据其制造方法的不同、按塑料制品的质量要求的不同、按塑料制品的批量的大小以及按塑料模具的失效方式的不同等方式进行选择。目前，用于制造模具的材料种类繁多，包括钢、铸铁、硬质合金与钢结硬质合金、有色金属及其合金、高温合金、陶瓷及其他非金属材料等。尽管如此，根据塑料成型工艺条件和塑料制品生产批量的情况，目前制模材料仍以钢为主，因此，这里将着重介绍常用塑料模具钢。

1．非合金型塑料模具钢

由于碳素钢具有价格便宜，加工性能好，原料来源方便等优点，因此对于制造形状简单的小型塑料模具或精度要求不高、使用寿命不需要很长的塑料模具，多采用这类钢制造。中国牌号常用 45、50 等，45 钢在香港称为王牌钢。目前，国际上较广泛使用的日本钢号有 S45C、S48C、S50C、S53C、S55C、S58C 等。

对于形状较简单、小型的热固性塑料模具，由于要求较高的耐磨性，一般用 T7、T8、T9、T10、T11、T12 等碳素工具钢制造。

2．渗碳型塑料模具钢

渗碳型塑料模具钢的含碳量一般都在 0.1%～0.25%范围内，退火后硬度较低，具有良好的切削加工性能，切削加工成型的模具渗碳后经淬火，低温回火后不仅具有较高的强度，而且芯部具有较好的韧性，模具的表面高硬度，高耐磨性，也可以保证良好的抛光性能。另一优点是塑性好，可以采用冷挤压成型法制造模具，无需进行切削加工，对于大批量生产同一形状的模具有利。缺点是模具热处理工艺较复杂，变形大。中国牌号常用 20Cr、12 CrNi2、20Cr2Ni4、20CrMnTi 等。目前，国际上较广泛使用的有美国：P2、P3、P4、P5、P6；德国：X9NiCrMo4、X6CrMo4；日本：CH1、CH2、CH41 等。

3．预硬型塑料模具钢

预硬型塑料模具钢是指将热加工的模块，预先进行调质处理，以获得所要求的使用性能，再进行刻模加工，待模具成型后，不再进行最终热处理就可以直接使用，从而避免由于热处理而引起的模具变形和裂纹问题。预硬化钢最适宜制作形状复杂的大、中型精密塑料模具，预硬化钢的使用硬度一般在 30HRC～42HRC 范围内，尤其是在高硬度区（36HRC～42HRC），可切削性能较差。中国牌号常用 3Cr2Mo、3Cr2MnNiMo、5CrNiMnMoVSCa、5CrMnMo 等。目前，国际上较广泛使用的有 P20、718、PD55、PX4、PX5、716、GSW2311、SP3000、LKM738 等。P20 由于在塑料模具被广泛采用，所以品牌也很多。其中，在华南地区较为普遍的品牌有：ASSAB 一胜百牌，瑞典产的有两种不同硬度，718S HBS290～HBS330（33HRC～34HRC）、718H HBS330～HBS370（34HRC～38HRC）；大同钢厂，日本产：NAK 80（硬度 40HRC+20）及 NAK55（硬度 40HRC+20）两种，一般情况下，NAK 80 做定模镶件，NAK55 做动模镶件，要留意 NAK55 不能直接做 EDM 皮纹，主要是含硫的关系，所以 EDM 后留有条纹；德胜钢厂 THYSSEN，德国产，有好几种编号：GS-711（硬度 34HRC～36HRC）、GS738（硬度 32HRC～35HRC）、GS808VAR（硬度 38HRC～42HRC）、GS318（硬度 29HRC～33HRC）、GS312（硬度 29HRC～33HRC），GS312 含硫不能做 EDM 纹，在欧洲做模架较为普遍，GS312 的 Code 为 40 Cr MN Mo S8；百禄（BOHLER）奥国产，编号有：M261（38HRC～42HRC）、M238（36HRC～42HRC）、M202（29HRC～33HRC），M202 不能做 EDM 纹，也有含硫量。

4．时效硬化型塑料模具钢

对于复杂、精密、高寿命的塑料模具要保持其高寿命，模具材料的使用状态必须有高的综合力学性能，为此，必须采用最终热处理。但是，采用一般的最终热处理工艺（淬火、回火）往往导致模具热处理变形，即模具的精度很难达到要求。

时效硬化塑料模具钢在固溶硬化后变软（一般 28HRC～34HRC）可进行切削加工，待冷加工成型后进行时效处理，可获得很高的综合力学性能，时效热处理变形很小，而且这类钢一般具有焊接性能好以及可以进行表面氮化等优点，适用于制造复杂、精密、高寿命的塑料模具。

时效硬化型塑料模具钢主要包括两个类型，即马氏体时效钢和析出硬化型钢。马氏体时效钢具有高的强度/密度比，良好的可加工性和可焊性以及简单的热处理工艺等优点，但其价格较高，常见的有 18Ni(200)、18Ni(250)、18Ni(300)、18Ni(350)等。析出硬化型钢也是比较新型的钢种之一，它所含的合金元素比马氏体时效钢少，特别是 Ni 含量少得多。材料也是在固溶处理状态下硬度为 30HRC 左右，可进行切削加工，制成模具之后再进行时效处理，使硬度达 40HRC 左右。而且时效变形量很小（0.01%左右），适宜制造高硬度、高强度和高韧性的精密塑料模具。常见的有 25CrNi3MoAl、P21、NAK55 等。

5．整体淬硬型塑料模具钢

用于压制热固性塑料、交合强化塑料（如尼龙型强化或玻璃纤维强化塑料）产品的模具，以及生产批量很大，要求模具使用寿命很长的塑料模具，一般选用高淬透性的冷作模具钢和热作模具钢材料制造。这些材料通过最终热处理，可保证使用状态具有高硬度、高耐磨性和长的使用寿命。中国牌号常用 CrWMn 、9CrWMn 、Cr12MoV、4Cr5MoSiV1 等。目前，国际上较广泛使用的有美国：01、A2、D1、D2、D3、6F6、S1、H11、H13；德国：

X9NnCrV8、X155CrVMo121、X38CrMoV51；日本：SKS31、SKD11、SKD12、SKD1、SKD61、SKD6 等。

6．耐腐蚀型塑料模具钢

耐腐蚀型钢主要用在生产以化学性腐蚀塑料（如聚氯乙烯或聚苯乙烯添加抗燃剂等）为原料的塑料制品的模具。耐腐蚀型塑料模具钢分高碳高铬型耐蚀钢、中碳高铬型耐蚀钢和低碳铬镍型耐蚀钢。

高碳铬镍型耐蚀钢：9Cr18、C Cr18 MoV、r14Mo、Cr14Mo4 等。

中碳高铬型耐蚀钢：4Cr13、420、168、S136、M300、M310、HPM38、PAK90 等。

低碳铬镍型耐蚀钢：1Cr17Ni2 等。

此钢材也普遍用在塑料模具上，故此品牌也很多，常用的有：一胜百（ASSAB）S-136ESR、德胜（THYSSEN）GS083-ESR、GS083 GS083VAR；此外还有一胜百（ASSAB）S-136H、德胜钢厂（THYSSEN）GS316、GS316ESR、GS083M、GS128H（38HRC～42HRC）、日本大同（DAIDO）PAK90。

7．镜面加工用塑料模具钢

生产透明塑料制品，尤其是光学仪器（如透镜等），对于成型模具的镜面加工性能要求很高。但严格地讲，没有专用牌号的镜面加工用塑料模具钢。影响模具镜面加工性能一般有以下几方面的因素。

（1）钢材的冶金质量。钢中的非金属夹杂物、气泡、氧化物、硫化物等是影响模具钢镜面抛光和研磨时形成针眼和孔洞的主要原因。因此，凡是表面粗糙度要求很高的塑料模具，一般不得采用加硫的易切削钢；即使不是易切削钢，若钢中氧化物、硫化物夹杂含量较高，在研磨过程中也容易脱落形成针孔。所以，采用真空冶炼或电渣重熔等工艺，将有效地提高钢的纯净度，从而提高钢材的抛光性能。

（2）钢中的组织不均匀也是影响抛光性能的另一个原因。显微区域组织的不均匀、加带状偏析等可能使得钢材在镜面加工时出现很细的发纹和研磨斑、坑等缺陷。为了防止偏析，必须掌握好出钢后的浇注技术和钢锭的结晶质量，另外要进行充分锻造，以保证钢材的致密度，如果能进行均匀化热处理或电渣重熔冶炼，也可以有效地减少这种偏析，从而提高钢的抛光性能。

（3）钢的硬度高，对镜面抛光性能有好的影响。

（4）抛光技术。为了得到比较低的表面粗糙度，抛光技术也起着很大的作用。例如，在预研磨时应避免表面受到可能引起的组织变化的温度的影响。因此，除了足够的冷却以外，选择正确的砂轮是非常重要的。研磨压力在此起很大作用，而且当砂轮涂脏时压力会意外地升高，从而引起温度升高。较好的办法是在研磨表面时经常改变研磨的方向。抛光最好用金刚石泥膏进行，这样能得到最好的抛光结果。抛光时要避免表面接角压力过高，否则较软的基体会被冲蚀，结果使碳化物游离出来，随后开裂，并留下缺陷。在换成较细粒度时必须将手和工件弄干净。

8．铍铜

铍铜一般用在塑料模具难于做冷却的位置上，因为铜的散热效果比钢快很多。品牌有：MOLDMAX 30/40 ，硬度分别为 26HRC～32HRC 及 36HRC～42HRC，德胜（B2）出厂硬度为 35HRC。

常用塑料模具用钢的使用范围见表7.2。

表7.2　　常用塑料模具用钢的使用范围

类别		国内牌号	国外牌号	用途
非合金型	碳素结构钢	45、50、55、SM45、SM50、SM55	S45C、S50C、S55C	模架、模板
	碳素工具钢	T8A、T10A	SK3、SK4	导柱、导套、推杆、复位杆、模板、座板
渗碳型		20Cr、12 CrNi2、20Cr2Ni4、20CrMnTi	P2、P3、P4、P5、P6、GSW-2341、GSW-2162	成型零件
预硬型		3Cr2Mo、3Cr2MnNiMo、5CrNiMnMoVSCa、5CrMnMo	P20、718、PD55、PX4、PX5、716、GSW2311、SP3000、LKM738	成型零件
时效型		25CrNi3MoAl、18Ni(250)	P21、NAK55、NAK80	成型零件
耐蚀型		4Cr13、1Cr17Ni2、7Cr18、Cr14Mo、0Cr16Ni4Cu3Nb(PCR)	110CrMo17、M300、M310、S-316、716、420、GSW2316	PVC、PA、POM等塑料的成型零件
整体淬硬型		CrWMn、9CrWMn、Cr12MoV、4Cr5MoSiV1	A2、D3、P2、SKS31、GSW2743、H13	批量生产的成型零件
镜面型		10Ni3CuAlMoS（PMS）、25CrNi3MoAl	M238、NAK55、PX4、PX5、718、GSW2738、420	高表面要求的成型零件

7.2.3　塑料模具材料的选用及热处理要求

1．选材原则

塑料模具在选材时应遵循以下原则。

（1）根据模具的用途和模具上各个零件的功用进行选择。如成型零件可选用碳素工具钢或合金钢，而结构零件可选用普通碳素结构钢。

（2）根据塑件生产批量进行选择。生产批量较小或试制产品的模具，可选用碳素结构钢。

（3）根据模具的加工方法和复杂程度进行选择。对于结构复杂的型腔，采用机械加工方法，可选用热处理变形较小的合金工具钢；用于冷挤压成型的简单型腔，可选用较大韧性和塑性的优质碳钢。

（4）根据塑料特性进行选择。对于成型含有矿物填料的塑料，宜选用耐磨性较好的合金工具钢；对于在成型过程中易析出腐蚀性产物的塑料时，宜选用耐腐蚀性的模具钢。

总之，在选择模具钢材时，既要考虑满足模具在加工使用中的要求，又要考虑到我国当前钢铁生产的状况。在基本上能够满足使用要求的前提下，尽量选用生产量大、价格较低的钢材。

2．选材方法

塑料模具按制品的不同分为热固性塑料模具和热塑性塑料模具，两类模具的工作条件和特点见表7.1。塑料模具的选材应满足产品性能的要求，同时应考虑模具的制造方法、模具的精度及产品的批量等。塑料模具用钢的选择原则很多，可根据其制造方法的不同、按塑料制品的质量要求的不同、按塑料制品的批量的大小以及按塑料模具的失效方式的不同等方式选择。

（1）按模具的制造方法选择

塑料模具的种类繁多，其成型加工方式各有不同，一般的塑料模具都可通过冷压成型、超塑性成型、切削加工成型以及通过电加工成型等。

大多数塑料模具都通过切削加工进行成型，如果材料的切削加工性能良好，可降低模具的加工费用，缩短制造周期，切削加工成型塑料模具用钢的性能见表 7.3。

表 7.3　　常用切削成型塑料模具用钢性能

钢号		硬度（HRC）	耐磨性	抛光性能	淬火后变形倾向	硬化深度	可加工性	脱碳敏感性	耐蚀性
类别	牌号								
渗碳型	20	30～45	差	较好	中等	浅	中等	较大	差
	20Cr	30～45	差	较好	较小	浅	中等	较大	较差
淬硬型	45Cr	30～50	差	差	较大	浅	好	较小	差
	9Mn2V	58～62	中等	差	小	浅	较好	较大	尚可
预硬性	3Cr2NiMnMo	32～40	中等	好	小	深	好	中等	中等
	3Cr2Mo	40～58	中等	好	较小	较深	好	较小	较好
耐蚀型	2Cr13	30～40	较好	较好	小	深	中等	小	好
	1Cr18Ni9	30～40	较好	较好	小	深	中等	小	好
时效硬化型	25CrNi3MoAl	39～42	较好	好	小	——	好	小	好

冷压成型模具用钢的碳含量、合金元素含量等都能影响钢材的冷压性能，因此常选用低碳铬系钢材作为冷压成型模具用钢。

中小型形状复杂的塑料件应选用冷压成型用钢如 20 钢、20Cr 等。形状简单，要求寿命较长的塑料模具可选用淬硬型钢。

大、中型精密模具应选用工艺性能好、使用性能可靠的钢种，如 3Cr2Mo、3Cr2NiMnMo 等预硬型钢种和 10Ni3MnCuAl、25CrNi3MoAl 等时效硬化型钢。加工的塑料制品有腐蚀性添加剂或需要长期保存的模具应选用 2Cr13 等耐蚀型钢制造模具。

（2）按塑料制品的质量要求选择

成型透明塑料的模具，要求模具材料有较高的镜面加工性，为此，要求模具材料能淬成高硬度，材料中的非金属夹杂物和气孔要极少而且其显微组织也要均匀，最好选用能淬成高硬度的超纯净钢。

许多塑料制品都要求表面要有美丽的花纹，为此，要求模具材料具有良好的装饰花纹加工性。显微组织均匀且不含非金属夹杂物的模具钢具有良好的装饰花纹加工性。

在成型塑料磁体时，为了在某一方向得到优异的磁性能，需要选用奥氏体无磁模具钢制造模具。

有的塑料制品要求有很高的尺寸精度，为此，应选用热膨胀系数小且热处理过程中不易变形的模具材料。18Ni 马氏体时效钢具有这些特性，但价格昂贵。

（3）按塑料制品批量选择

由于用户的爱好兴趣的不同，现在，塑料制品正在向小批量多品种方向发展。对于成型批量小的塑料制品的成型模具，一般选用普通碳钢；对于批量大的塑料制品的成型模具，应根据其使用条件和对模具质量的要求来选材，一般选用高级钢制造塑料模具。

（4）按塑料模具的失效方式选择

塑料模具的失效方式主要有腐蚀、磨损、变形和开裂等。对于不同的失效方式，选择塑料模具材料的种类也各不相同。

因腐蚀而失效的塑料模具，模具材料应选择马氏体不锈钢（如 2Cr13、3Cr13）、沉淀硬化不锈钢（PH17-4）、18Ni 马氏体时效钢或镍基超合金。若选择普通模具钢则应镀铬或镀其他耐腐蚀的金属。

因磨损而失效的塑料模具，应选择能淬成高硬度的碳素工具钢、合金工具钢或高速工具钢。为了进一步提高小型塑料模具的耐磨性，也可选用硬质合金来制造塑料模具。

塑料模具变形大多数是因模具材料在长期使用过程中尺寸稳定性较差而造成的。残余奥氏体发生马氏体相变是导致钢制塑料模具尺寸稳定性差的原因；此外，塑料模具内的残余应力逐渐释放，也会导致塑料模具的尺寸或形状发生变化，此时应选择预硬钢来制造模具。

模具的开裂除与其设计不当有关外，塑料模具在制造过程中产生脆化（模具钢淬火温度过高或在回火脆性区回火）或残留较大的残余应力也是重要的因素，这时应根据具体原因采取相应的措施。

（5）按服役条件选择

在成型 ABS、聚氯乙烯或聚四氯乙烯等塑料时，在一定的温度下，这些塑料会分解，产生具有腐蚀性的气体而对塑料模具产生腐蚀。因此，与这些塑料直接接触的塑料模具应具有优良的耐腐蚀性。马氏体不锈钢（如 2Cr13、3Cr13）、沉淀硬化不锈钢（PH17-4）、18Ni 马氏体时效钢等，都具有优良的耐腐蚀性。成型这类塑料的模具，选择这类钢种，或者应对用普通材料制造的塑料模具镀铬或镀其他耐腐蚀的金属。

在成型添加有玻璃纤维或石英粉等硬质材料的塑料时，由于添加物的硬度高和塑料的流动性下降，会使塑料模具产生严重的磨损。因此，成型这类塑料的模具材料多选用能淬成高硬度的工模具钢，如 T10A、CrWMn、Cr12MoV 等。若选用碳含量不高的钢，则应进行渗碳淬火处理。

随着高速成型机械的出现，塑料制品的生产速度越来越高，一般情况下塑料的成型温度在 200℃～350℃；若是高速成型，则模具表面的温度在短时间内会超过 400℃。为了保证塑料模具的使用精度并防止塑料制品在脱模后由于温度过高而产生变形，塑料模具材料应具有良好的导热性，为此，可选用其他材料来制造模具。

（6）按硬度选择模具材料

材料的硬度与热处理有密切关系，塑料模具的热处理技术具有如下要求。

① 适当的硬度和韧性。模具中不同零件类型，具有不同的工作硬度，见表 7.4。有时，为了提高模具的韧性，可以适当地降低硬度。

表 7.4　　模具不同零件类型工作硬度

零件名称	钢材选用	热处理要求	说明
型芯、凸模、型腔板、镶件	45	调质 22HRC～26HRC	用于产量不大的热塑性塑料注射模
	Y55CrNiMnMoV(SM1)	预硬≤40HRC	用于有镜面要求的热塑性塑料注射模
	8CrMnWMoVS(8Cr2S)、5CrNiMnMoVSCa(5NiSCa)、Y20CrNi3AlMnMo(SM2)	淬硬 40HRC～45HRC	用于形状复杂、精度要求高、产量大的热塑性塑料注射模

续表

零件名称	钢材选用	热处理要求	说明
型芯、凸模、型腔板、镶件	T10A、9Mn2V、CrWMn、Cr12、7CrSiMnMoV(CH)	淬硬 46HRC～52HRC	用于热固性塑料注射模，小型芯、镶件等
动、定模座板；上、下模座板；动、定模板；上、下模板；支承板；模套；垫块	45	不进行热处理或调质 230HBS～270HBS	
浇品套、拉料杆、分流锥	T10A、9Mn2V、7CrSiMnMoV(CH)	淬硬 50HRC～55HRC	
导柱、导套、推板导柱、推板导套	20	渗碳淬硬 56HRC～60HRC	
	T8A、7CrSiMnMoV(CH)	淬硬 50HRC～55HRC	
斜销、滑块、锁紧楔	T8A、7CrSiMnMoV(CH)	淬硬 54HRC～58HRC	
推杆、推管	T8A、7CrSiMnMoV(CH)	淬硬 54HRC～58HRC	
复位杆	45	淬硬 43HRC～48HRC	
推杆固定板、推板	45		
加料室、柱塞	T8A、7CrSiMnMoV(CH)	淬硬 50HRC～55HRC	

② 变形要小，应采用非常缓慢的加热速度，分级淬火、等温淬火等减小模具变形的热处理工艺。塑料模具允许淬火变形量见表 7.5。

表 7.5　　塑料模具允许淬火变形量

模具尺寸/mm	允许变形量/mm		
	碳素工具钢	低合金工具钢	渗碳钢
260～400	+0.20 -0.30	+0.15 -0.20	+0.15 -0.08
110～250	+0.15 -0.20	+0.10 -0.15	+0.10 -0.05
≤100	±0.10	±0.06	±0.04

③ 模具在热处理过程中，应特别注意保护型腔表面，防止表面发生氧化等缺陷的产生。

④ 热处理后，材料组织均匀以保证抛光性能。热固性塑料模具是在长期受热、受压的条件下工作的，要求在热处理后保证有足够高的抗堆塌能力。

模具零件硬度的选择是根据塑料性能和工作条件决定的。

钢的硬度值在一定程度上反映了材料的强度和耐磨性。一般情况下，钢的强度随硬度的增加而增大，耐磨性随硬度的增加而提高。

对于淬硬模具一般取 54HRC～58HRC；但对含有硬质填料的塑料，为提高耐磨性可取 61HRC～63HRC。

对于渗碳淬硬模具，因为芯部是低碳钢，韧性好，所以渗碳淬火的表面硬度可取 50HRC～55HRC。

调质硬度的选择则应求得模具耐用性能和加工性能的统一，根据模具要求有较高的强度

和耐磨性，硬度最好是 30HRC～35HRC。但由于用一般刀具切削硬度 30HRC～35HRC 的材料已很困难，因而取 22HRC～26HRC，强度要求高的可取 26HRC～30HRC。

总之，塑料模材料的选用和热处理要求的确定需要考虑的因素较多，必须全面考虑实际要求和客观的可能，做到既满足使用要求，又合理经济，表 7.6 可供设计塑料模具时参考。

表 7.6　　塑料模具钢选择实例

塑料类别	塑料名称	生产批量/件			
		$<10^5$	$10^5\sim5\times10^5$	$5\times10^5\sim1\times10^6$	$>1\times10^6$
热固性塑料	通用型塑料 酚醛 密胺 聚酯等	45、50、55 钢 渗碳钢渗碳 淬火	渗碳合金钢渗碳 淬火 4Cr5MoSiV1+S	Cr5MoSiV1 Cr12 Cr12MoV	Cr12MoV Cr12Mo1V1 7Cr7Mo2V2Si
	增强型（上述塑料加入纤维或金属粉等强化）	渗碳合金钢 渗碳淬火	渗碳合金钢 渗碳淬火 4CrMoSiV1+S， Cr5Mo1V	Cr5Mo1V Cr12 Cr12MoV	Cr12MoV Cr12Mo1V1 7Cr7Mo2V2Si
热塑性塑料	通用型塑料 聚乙烯 聚丙烯 ABS 等	45、55 钢 渗碳合金钢 渗碳淬火 3Cr2Mo	3Cr2Mo 3Cr2NiMnMo 渗碳合金钢 渗碳淬火	4Cr5MoSiV1+S 5NiCrMnMoVCaS 时效硬化钢 3Cr2Mo	4Cr5MoSiV1+S 时效硬化钢 Cr5Mo1V
	工程塑料（尼龙，聚碳酸酯等）	45、55 钢 3Cr2Mo 3Cr2NiMnMo 渗碳合金钢 渗碳淬火	3Cr2Mo， 3Cr2NiMnMo 时效硬化钢 渗碳合金钢 渗碳淬火	4Cr5MoSiV1+S 5CrNiMnMoVCaS Cr5Mo1V	Cr5Mo1V Cr12 Cr12MoV Cr12Mo1V1 7Cr7Mo2V2Si
	增强工程塑料（工程塑料中加入增强纤维金属粉等）	3Cr2Mo， 3Cr2NiMnMo 渗碳合金钢 渗碳淬火	4CrMoSiV1+S Cr5Mo1V 渗碳合金钢 渗碳淬火	4Cr5MoSiV1+S Cr5Mo1V Cr12MoV	Cr12 Cr12MoV Cr12Mo1V1 7Cr7Mo2V2Si
	阻燃塑料（添加阻燃剂的塑料）	3Cr2Mo+镀层	3Cr13 Cr14Mo	9Cr18 Cr18MoV	Cr18MoV+镀层
	聚氯乙烯	3Cr2Mo+镀层	3Cr13 Cr14Mo	9Cr18 Cr18MoV	Cr18MoV+镀层
	氟化塑料	Cr14Mo Cr18MoV	Cr14Mo Cr18MoV	Cr18MoV	Cr18MoV+镀层

7.2.4　塑料模具的表面处理

塑料模的工作条件要求模具工作表面应具有一定的耐磨性和很小的粗糙度，以利于熔体充满型腔和制品的脱模，以便获得表面光亮的制品。对于成型会产生腐蚀气体的塑料的模具，其工作表面还应具有耐蚀性。为了满足上述要求，除了必须合理选择模具材料和对模具型腔进行精细的光整加工（抛光）之外，必要时还要进行表面处理。塑料模表面处理的方法主要有电镀、渗氮、渗碳、渗硼、渗金属等，还有激光强化表面处理、物理气相沉积和化学气相沉积等表面处理新技术。

必须重视对塑料模的表面处理，它有强化的目的，还有提高光滑度和耐蚀的目的。后者对于塑料模来说很重要，在一定场合下还是至关重要的。在生产中应根据所选用的模具材料

和实际需要及可能，正确选用表面处理方法。低温、微变形、快速和多元渗是模具表面处理的发展方向。

思考与练习题

1．什么是模具寿命？塑料模具的主要失效形式有哪些？
2．影响塑料模具寿命的因素及提高寿命的方法有哪些？
3．塑料模具用材料应具备哪些性能？
4．常用塑料模具用钢和特点有哪些？
5．塑料模具材料的选用和热处理要求有哪些？
6．为什么对用于成型 PVC 塑料模具的型腔和型芯表面要进行镀铬或渗氮处理？
7．看懂并分析图 3.1，写出各零部件的模具材料名称和热处理要求。

第 8 章

塑料模具设计实例

8.1 塑料模具设计基本程序

1．接受任务书

成型塑料制件的任务书通常由制件设计者提出，其内容如下。

（1）经过审签的正规制件图纸，并注明采用塑料的牌号、透明度等。

（2）塑料制件说明书或技术要求。

（3）生产产量。

（4）塑料制件样品（当生产配件时）。

通常模具设计任务书由塑料制件工艺员根据成型塑料制件的任务书提出，模具设计人员以成型塑料制件任务书、模具设计任务书为依据来设计模具。模具设计任务书可参考表 8.1。

表 8.1　　模具设计任务书

<table>
<tr><td rowspan="3">订货单位</td><td colspan="2">订货单位地址</td><td></td><td rowspan="3">其　他</td><td colspan="2">模具交货期</td><td>年　月　日</td></tr>
<tr><td colspan="2">订货单位名称</td><td></td><td colspan="2">使用单位</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">交货地点</td><td></td><td colspan="2">模具价格</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="7">制品</td><td colspan="2">名称</td><td></td><td rowspan="10">模具主要结构</td><td colspan="2">模具结构形式</td><td>标准型、三板式、瓣合模</td></tr>
<tr><td colspan="2">使用树脂名称</td><td></td><td colspan="2">每模型腔数</td><td>型</td></tr>
<tr><td colspan="2">成型收缩率</td><td></td><td colspan="2">分模面</td><td>平面、允许穿透、不允许穿透</td></tr>
<tr><td rowspan="2">色调</td><td>透明性</td><td>透明、不透明</td><td rowspan="6">顶出方式</td><td>推杆</td><td>推杆、带台肩推杆、方形推杆、碟形推杆</td></tr>
<tr><td>色别</td><td></td><td>推件板（型芯外）</td><td>板状、杆状、块状、环状</td></tr>
<tr><td colspan="2">制品单件重量</td><td>g</td><td>推套</td><td>推套，特殊推套</td></tr>
<tr><td colspan="2">制品投影面积</td><td>cm^2</td><td>压缩空气</td><td>仅用空气、与其他并用</td></tr>
<tr><td rowspan="3">注塑机</td><td colspan="2">注射机制造厂家</td><td></td><td>并用</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">注射量</td><td>克（g）/次</td><td>其他</td><td>二次顶出、先复位机构</td></tr>
<tr><td colspan="2">锁模力</td><td>t</td><td>流道</td><td>方式</td><td>普通、绝热流道、热流道</td></tr>
</table>

续表

订货单位	订货单位地址			其　他	模具交货期		年　月　日
	订货单位名称				使用单位		
	交货地点				模具价格		
注塑机	型式			模具主要结构	流道	形状、尺寸	圆形、半圆形、U形、梯形
	导杠间距	纵向	cm×cm		喷嘴方式		井式喷嘴、延伸喷嘴、半绝热喷嘴、全绝热喷嘴、内部加热喷嘴
		横向	cm×cm				
	顶出孔孔径		ϕmm		浇口	种类，位置 形状，尺寸	在附件上详细标记
	模具厚度	最大	mm		侧向分型与抽芯	种类	侧型芯、瓣合模
		最小	mm			脱模方式	倾斜杆、倾斜凸块、油压、气压
	定位孔直径		ϕmm		冷却加热方式		
	喷嘴孔径		ϕmm		有无特种加工		电加工、电铸、花纹加工、精密铸造，冷挤压、压力锻造、NC 加工
	喷嘴圆弧		Rmm				
提供条件	提供物品		制品样本、制品图、模型、雕刻原稿、注塑机样本		是否电镀		需要，不需要
					主要材料		

注：协商确定的项目应标注○印记。

2．收集、分析、消化原始资料

收集整理有关制件设计、成型工艺、成型设备、机械加工及特殊加工资料，以备设计模具时使用。

（1）熟悉塑料制件图，了解制件的用途，分析塑料制件的工艺性、尺寸精度等技术要求。例如塑料制件在外表形状、颜色透明度、使用性能方面的要求是什么，塑件的几何结构、斜度、嵌件等情况是否合理，熔接痕、缩孔等成型缺陷的允许程度，有无涂装、电镀、胶接、钻孔等后加工。选择塑料制件尺寸精度最高的尺寸进行分析，估计成型公差是否低于塑料制件的公差，能否成型出合乎要求的塑料制件。此外，还要了解塑料的塑化及成型工艺参数。

（2）熟悉工艺资料，分析工艺任务书所提出的成型方法、设备型号、材料规格、模具结构类型等要求是否恰当，能否落实。

成型材料应当满足塑料制件的强度要求，具有好的流动性、均匀性和各向同性、热稳定性。根据塑料制件的用途，成型材料应满足染色、镀金属的条件、装饰性能、必要的弹性和塑性、透明性或者相反的反射性能、胶接性或者焊接性等要求。

3．确定成型方法

采用注射成型法、压缩成型法还是其他成型法，根据具体情况确定。

4．初选择成型设备

根据成型设备的种类来进行模具，因此必须熟知各种成型设备的性能、规格和特点。例如，对于注射机来说，在规格方面应当了解以下内容：注射容量、锁模压力、注射压力、模

具安装尺寸、顶出装置及尺寸、喷嘴孔直径及喷嘴球面半径、浇口套定位圈尺寸、模具最大厚度和最小厚度、模板行程等，具体见相关参数。

要初步估计模具外形尺寸，判断模具能否在所选的注射机上安装和使用。

5．确定模具结构

（1）确定模具类型

如压制模（敞开式、半闭合式、闭合式）、注射模等。

（2）确定模具类型的主要结构

选择合理的模具结构在于确定必需的成型设备和合理的型腔数，在绝对可靠的条件下能使模具本身的工作满足该塑料制件的工艺技术和生产经济的要求。对塑料制件的工艺技术要求是要保证塑料制件的几何形状、表面光洁度和尺寸精度。生产经济要求是要使塑料制件的成本低，生产效率高，模具能连续地工作，使用寿命长，节省劳动力。

影响模具结构及模具个别系统的因素很多，也很复杂。

① 型腔布置。根据塑件的几何结构特点、尺寸精度要求、批量大小、模具制造难易、模具成本和生产条件等确定型腔数量及其排列方式。

对于注射模来说，当塑料制件精度为 MT2B～MT3A 级，重量为 5 克，采用普通浇注系统时，型腔数取 4～6 个；当塑料制件精度为 MT3B～MT5B 级，成型材料为局部结晶材料时，型腔数可取 16～20 个；当塑料制件重量为 12～16 克时，型腔数取 8～12 个；而重量为 50～100 克的塑料制件，型腔数取 4～8 个。对于无定型的塑料制件，建议型腔数为 24～48 个，16～32 个和 6～10 个。当再继续增加塑料制件重量时，就很少采用多腔模具。当在 MT5 级以下精度的塑料制件，最多型腔数较之指出的 MT3B～MT5B 级精度的塑料增多至 50%。

② 确定分型面。分型面的位置要有利于模具加工，排气、脱模及成型操作，塑料制件的表面质量等。

③ 确定浇注系统（主浇道、分浇道及浇口的形状、位置、大小）和排气系统（排气的方法、排气槽位置、大小）。各种塑料应性能的差异对于不同形式的浇口会有不同的适应性，设计时可参考附表 5。

④ 选择顶出方式（顶杆、顶管、推板、组合式顶出），决定侧凹处理方法、抽芯方式。

⑤ 决定冷却、加热方式及加热冷却沟槽的形状、位置、加热元件的安装部位。

⑥ 根据模具材料、强度计算或者经验数据，确定模具零件厚度及外形尺寸，外形结构及所有连接、定位、导向件位置。

⑦ 确定成型零件，成型零件的结构形式和固定形式。

⑧ 考虑模具各部分的强度，计算成型零件工作尺寸。

如果解决了以上这些问题，模具的结构形式自然就解决了。这时，选择模架（国标或其他模架），应该着手绘制模具结构草图，为正式绘图做好准备。

⑨ 绘制模具图。

要求按照国家制图标准绘制，但是也要求结合本厂标准和国家未规定的工厂习惯画法（有些厂采用第三象限画法）。

在画模具总装图之前，应绘制工序图，并要符合制件图和工艺资料的要求。由下道工序保证的尺寸，应在图上标写注明“工艺尺寸”字样。如果成型后除了修理毛刺之外，再不进行其他机械加工，那么工序图就与制件图完全相同。

在工序图下面最好标出制件编号、名称、材料、材料收缩率、绘图比例等。通常就把工序图画在模具总装图上。

- 绘制总装结构图

绘制总装图尽量采用 1∶1 的比例，先由型腔开始绘制，主视图与其他视图同时画出。

模具总装图应包括以下内容。

  - 模具成型部分结构。
  - 浇注系统、排气系统的结构形式。
  - 分型面及分模取件方式。
  - 外形结构及所有连接件，定位、导向件的位置。
  - 标注型腔高度尺寸（不强求，根据需要）及模具总体尺寸。
  - 辅助工具（如取件卸模工具，校正工具等）。
  - 按顺序将全部零件序号编出，并且填写明细表。
  - 标注技术要求和使用说明。

- 模具总装图的技术要求内容
  - 对于模具某些系统的性能要求。例如，对顶出系统、滑块抽芯结构的装配要求。
  - 对模具装配工艺的要求。例如，模具装配后分型面的贴合面的贴合间隙应不大于 0.05mm，模具上、下面的平行度要求，并指出由装配决定的尺寸和对该尺寸的要求。
  - 模具使用，装拆方法。
  - 防氧化处理、模具编号、刻字、标记、油封、保管等要求。
  - 有关试模及检验方面的要求。

- 绘制全部零件图

由模具总装图拆画零件图的顺序应为先内后外，先复杂后简单，先成型零件，后结构零件。

  - 图形要求：一定要按比例画，允许放大或缩小。视图选择合理，投影正确，布置得当。为了使加工专利号易看懂、便于装配，图形尽可能与总装图一致，图形要清晰。
  - 标注尺寸要求统一、集中、有序、完整。标注尺寸的顺序为先标主要零件尺寸和出模斜度，再标注配合尺寸，然后标注全部尺寸。在非主要零件图上先标注配合尺寸，后标注全部尺寸。
  - 表面粗糙度。把应用最多的一种粗糙度标于图纸右上角，如标注“其余 3.2。”其他粗糙度符号在零件各表面分别标出。
  - 其他内容，例如，零件名称、模具图号、材料牌号、热处理和硬度要求、表面处理、图形比例、自由尺寸的加工精度、技术说明等都要正确填写。

- 校对、审图、描图、送晒

自我校对的内容有以下几方面。

  - 模具及其零件与塑件图纸的关系，模具及模具零件的材质、硬度、尺寸精度，结构等是否符合塑件图纸的要求。
  - 塑料制件方面。塑料料流的流动、缩孔、熔接痕、裂口、脱模斜度等是否影响塑

料制件的使用性能、尺寸精度、表面质量等方面的要求。图案设计有无不足，加工是否简单，成型材料的收缩率选用是否正确。

- 成型设备方面。注射量、注射压力、锁模力是否够，模具的安装、塑料制件的南芯、脱模有无问题，注射机的喷嘴与浇口套是否正确接触。
- 模具结构方面。分型面位置及精加工精度是否满足需要，是否会发生溢料，开模后是否能保证塑料制件留在有顶出装置的模具一边；脱模方式是否正确，推广杆、推管的大小、位置、数量是否合适，推板是否会被型芯卡住，会不会造成擦伤成型零件；模具温度调节方面，加热器的功率、数量，冷却介质的流动线路位置、大小、数量是否合适；处理塑料制件制侧凹的方法，脱侧凹的机构是否恰当，例如斜导柱抽芯机构中的滑块与推杆是否相互干扰；浇注、排气系统的位置、大小是否恰当；设计图纸；装配图上各模具零件安置部位是否恰当，表示得是否清楚，有无遗漏；零件图上的零件编号、名称，制作数量、零件内制还是外购的，是标准件还是非标准件，零件配合处理精度、成型塑料制件高精度尺寸处的修正加工及余量，模具零件的材料、热处理、表面处理、表面精加工程度是否标记、叙述清楚。
- 零件主要零件、成型零件工作尺寸及配合尺寸。尺寸数字应正确无误，不要使生产者换算。
- 检查全部零件图及总装图的视图位置，投影是否正确，画法是否符合制图国标，有无遗漏尺寸。
- 校核加工性能，例如所有零件的几何结构、视图画法、尺寸标等是否有利于加工。
- 复算辅助工具的主要工作尺寸。专业校对原则上按设计者自我校对项目进行，但是要侧重于结构原理、工艺性能及操作安全方面。描图时要先消化图形，按国标要求描绘，填写全部尺寸及技术要求。描后自校并且签字。把描好的底图交设计者校对签字，习惯做法是由工具制造单位有关技术人员审查、会签、检查制造工艺性，然后才可送晒。
- 编写制造工艺卡片。由工具制造单位技术人员编写制造工艺卡片，并且为加工制造做好准备。在模具零件的制造过程中要加强检验，把检验的重点放在尺寸精度上。模具组装完成后，由检验员根据模具检验表进行检验，主要的是检验模具零件的性能情况是否良好，只有这样才能保证模具的制造质量。

（3）试模及修模

虽然是在选定成型材料、成型设备时，在预想的工艺条件下进行模具设计，但是人们的认识往往是不完善的，因此必须在模具加工完成以后，进行试模试验，检查成型的制件质量如何。发现问题以后，进行排除错误性的修模。

塑件出现不良现象的种类居多，原因也很复杂，有模具方面的原因，也有工艺条件方面的原因，二者往往交织在一起。在修模前，应当根据塑件出现的不良现象的实际情况，进行细致的分析研究，找出造成塑件缺陷的原因后提出补救方法。因为成型条件容易改变，所以一般的做法是先变更成型条件，当变更成型条件不能解决问题时，才考虑修理模具。

修理模具更应慎重，没有十分把握不可轻举妄动。其原因是一旦变更了模具条件，就不能再做大的改造和恢复原状。

6．整理资料进行归档

模具经试验后，若暂不使用，则应该完全擦除脱模渣滓、灰尘、油污等，涂上黄油或其他防锈油或防锈剂，送到保管场所保管。

把设计模具开始到模具加工成功、检验合格为止，在此期间所产生的技术资料，例如，任务书、制件图、技术说明书、模具总装图、模具零件图、底图、模具设计说明书、检验记录表、试模修模记录等，按规定加以系统整理、装订、编号进行归档。这样做似乎很麻烦，但是对以后修理模具，设计新的模具都是很有用处的。

8.2 注射模具设计实例

塑料制品如图 8.1 所示，大批量生产，试进行塑件的成型工艺和模具设计。

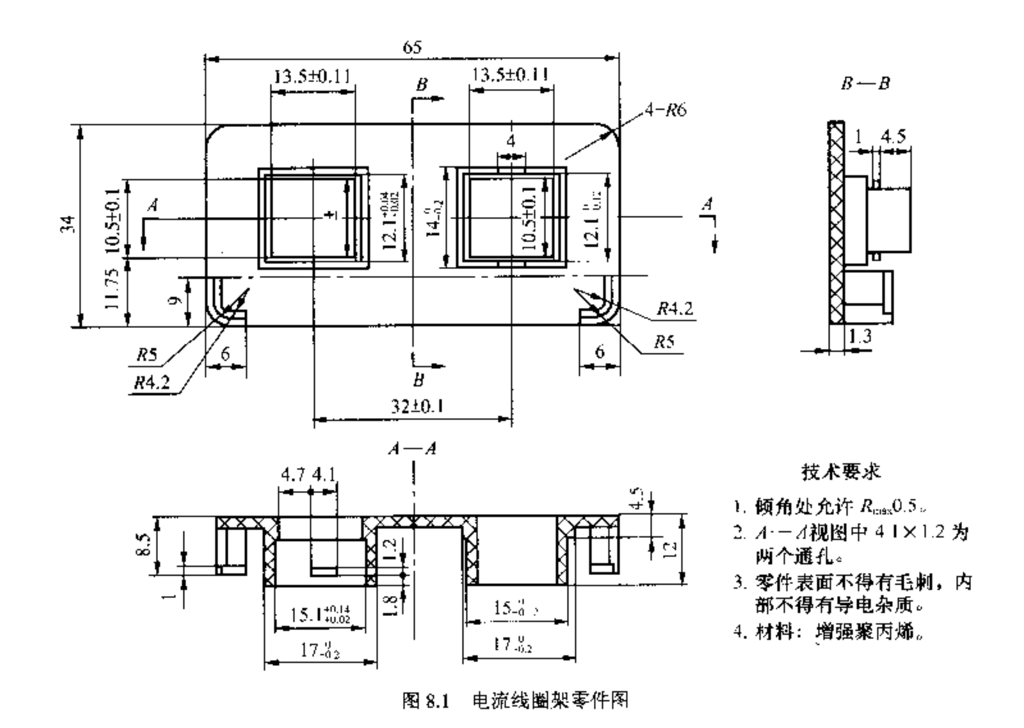


图 8.1 电流线圈架零件图

1．塑件的工艺分析

（1）塑件的原材料分析

塑件的材料采用增强聚丙烯，属热塑性塑料。从使用性能上看，该塑料刚度好、耐水、耐热性强，其介电性能与温度和频率无关，是理想的绝缘材料；从成型性能上看，该塑料吸水性小，熔料的流动性较好，成型容易，但收缩率大。另外，该塑料成型时易产生缩孔、凹痕、变形等缺陷，成型温度低时，方向性明显，凝固速度较快，易产生内应力。因此，在成型时应注意控制成型温度，浇注系统应较缓慢散热，冷却速度不宜过快。

（2）塑件的结构和尺寸精度、表面质量分析

① 结构分析　从零件图上分析，该零件总体形状为长方形，在宽度方向的一侧有两个高为 8.5mm，半径为 $R5$mm 的两个凸耳，在两个高度为 12mm，长、宽分别为 17mm×14mm 的凸台上，一个带有凹槽对称分布，另一个带有 4mm×1mm 的凸台对称分布。因此，模具设计时必须设置侧向分型抽芯机构，该零件属于中等复杂程度。

② 尺寸精度分析　该零件重要尺寸如：$12.1^{0}_{-0.12}$ mm、$12.1^{+0.04}_{+0.02}$ mm、$15.1^{+0.14}_{+0.02}$ mm、$15^{0}_{-0.12}$ mm 等精度为 3 级，次重要尺寸如：13.5 ± 0.11 mm、$17^{0}_{-0.2}$ mm、10．5 ± 0.1mm、$14^{0}_{-0.2}$ mm 等的尺寸精度为 4～5 级。

③ 从塑件的壁厚上来看，壁厚最大处为 1.3mm，最小处为 0.95mm，壁厚差为 0.35mm，较均匀，有利于零件的成型。

④ 表面质量分析　该零件的表面除要求没有缺陷、毛刺，内部不得有导电杂质外，没有特别的表面质量要求，故比较容易实现。

由以上分析可见，该零件的尺寸精度中等偏上，对应的模具零件的尺寸加工容易保证。注射时在工艺参数控制得较好的情况下，零件的成型要求可以得到保证。

2．计算塑件的体积和质量

计算塑件的质量是为了选用注射机及确定型腔数。经计算塑件的体积为 V=4087mm^3；计算塑件的质量，根据设计手册可查得增强聚丙烯的密度为 ρ=1.04kg/cm^3。

故塑件的质量为 $W=V\rho$=4.25g

采用一模两件的模具结构，考虑其外形尺寸、注射时所需压力和工厂现有设备等情况，初步选用注射机为 XS-Z-60 型。

3．塑件注射工艺参数的确定

根据设计手册并参考工厂实际使用情况，增强聚丙烯的成型工艺参数可做如下选择：成型温度为 230℃～290℃；注射压力为 70MPa～140MPa。上述工艺参数在试模时可做适当调整。

4．注射模的结构设计

（1）分型面选择

模具设计中，分型面的选择很关键，它决定了模具的结构。应根据分型面选择原则和塑件的成型要求来选择分型面。该塑件为机内骨架，表面质量无特殊要求，但在绕线的过程中上端面与工人的手指接触较多，因此上端面最好自然形成圆角。此外，该零件高度为 12mm，且垂直于轴线的截面形状比较简单和规范，若选择如图 8.2 所示的水平分型方式既可降低模具的复杂程度，减少模具加工难度，又便于成型后的脱模。故选用如图 8.2 所示的分型方式较为合理。

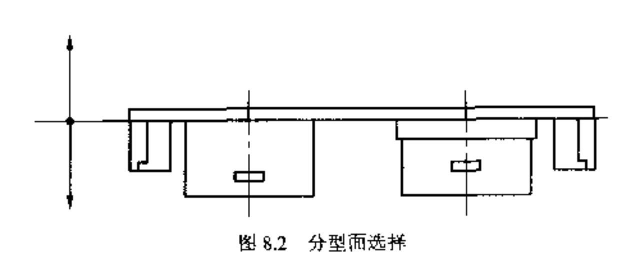


图 8.2　分型面选择

（2）确定型腔的排列方式

本塑件在注射时采用一模两件，即模具需要两个型腔。综合考虑浇注系统、模具结构的复杂程度等因素拟采取如图 8.3

所示的型腔排列方式。这种排列方式的最大优点是便于设置侧向分型抽芯机构，其缺点是熔料进入型腔后到另一端的熔料流程较长，但因该塑件较小，故对成型没有太大影响。

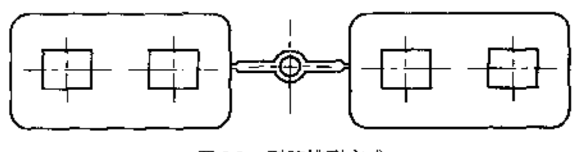


图 8.3　型腔排列方式

（3）浇注系统设计

① 主流道设计　根据设计手册查得 XS-Z-60 型注射机喷嘴的有关尺寸为喷嘴前端孔径 $d_1=\phi 4$mm；喷嘴前端球面半径 SR_1=12mm。

根据模具主流道与喷嘴 $SR=SR_1+(1\sim2)$mm 及 $d=d_1+(0.5\sim1)$mm，取主流道球面半径 SR=13mm，小端直径 d=4.5mm。

为了便于将凝料从主流道中拔出，将主流道设计成圆锥形其斜度为 1°～3°，经换算得主流道大端直径 D=8.5mm。为了使熔料顺利进入分流道，可在主流道出料端设计半径 r =5 mm 的圆弧过渡。

② 分流道设计　分流道的形状及尺寸，应根据塑件的体积、壁厚、形状的复杂程度、注射速率、分流道长度因素来确定。本塑件的形状不算太复杂，熔料填充型腔比较容易。根据型腔的排列方式可知分流道的长度较短，为了便于加工起见，选用截面形状为半圆形分流道，取 R=4 mm。

③ 浇口设计　根据塑件的成型要求及型腔的排列方式，选用侧浇口较为理想。设计时考虑选择从壁厚为 1.3mm 处进料，料由厚处往薄处流，而且模具结构采用取镶拼式型芯，有利于填充和排气。故采用截面为矩形的侧浇口，初选尺寸为 1mm×0.08mm×0.6mm($b\times l\times h$)，试模时修正。

（4）抽芯机构设计

本例的塑件侧壁有一对小凹槽和小凸台，它们均垂直于脱模方向，阻碍成型后塑件从模具脱出。因此成型小凹槽台的零件必须做成活动的型芯，即须设置抽芯机构。本模具采用斜导柱抽芯机构。

① 确定抽芯距　抽芯距一般应大于成型孔（或凸台）的深度，本例中塑件小孔壁厚、小凸台高度相等，均为：(14−12.1)/2=0.95(mm)

另加 3mm～5mm 的抽芯安全系数，可取抽芯距 $S_{抽}$=4.9mm。

② 确定斜导柱倾角　斜导柱的倾角是斜抽芯机构的主要技术参数之一，它与抽拔力以及抽芯距有直接关系，一般取α=15°～20°，本例中选取α=20°。

③ 确定斜导柱的尺寸　斜导柱的直径取决于抽拔力及其倾斜角度，可按设计资料的有关公式进行计算，本例采用经验估值，取斜导柱的直径 d=14mm。斜导柱的长度根据抽芯距、固定端模板的厚度、斜销直径及斜角大小确定（参见斜导柱长度计算公式）。

由于上模板座和上凹模固定板尺寸尚不确定，初定 δ=25mm，D=20mm，计算后，取 L=55mm。如果以后 δ，有变化，则再修正 L 的数值。

④ 滑块与导槽设计

滑块与侧型芯(孔)的连接方式设计　本例中侧向抽芯机构主要是用于成型零件的侧向孔和侧向凸台，由于侧向孔和侧向凸台的尺寸较小，考虑到型芯强度和装配问题，采用组合式结构。型芯与滑块的连接采用镶嵌方式，其结构如图 8.4 所示。

滑块的导滑方式　本例中为使模具结构紧凑，降低模具装配复杂程度，拟采用整体式滑块和整体导向槽的形式，其结构如图 8.4 所示。为提高滑块的导向精度，装配时可对导向槽或滑块采用配磨、配研的装配方法。

滑块的导滑长度和定位装置设计　本例中由于侧芯距较短，故导滑长度只要符合滑块在开模时的定位要求即可。滑块的定位装置采用弹簧与台阶的组合形式，如图 8.4 所示。

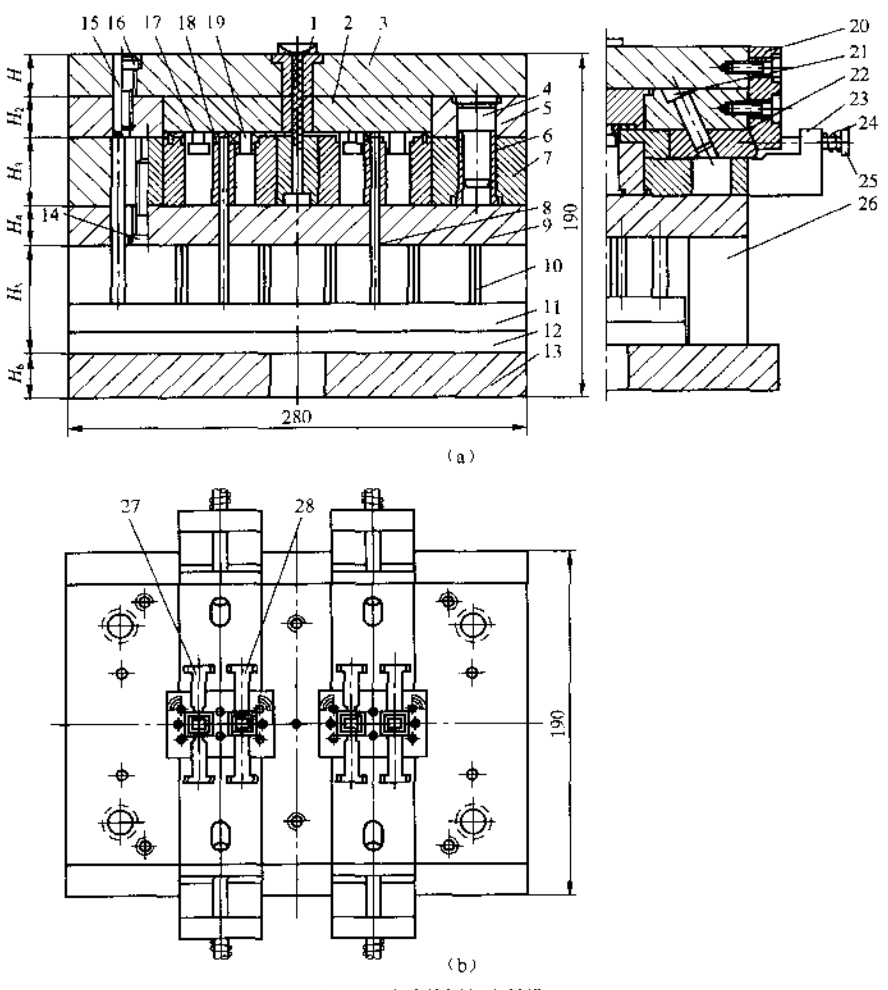


图 8.4　电流线圈架注射模

1—浇口套；2—上凹模镶块；3—定模座板；4—导柱；5—上固定板；6—导套；7—下固定板；8—推杆；9—支承板；10—复位杆；11—推杆固定板；12—推板；13—动模座板；14，16，25—螺钉；15—销钉；17—型芯；18—下凹模镶块；19—型芯；20—楔紧块；21—斜销；22—侧抽芯滑块；23—限位挡块；24—弹簧；26—垫块；27，28—侧型芯

（5）成型零件结构设计

① 凹模的结构设计　本例中模具采用一模二件的结构形式，考虑加工的难易程度和材料的价值利用等因素，凹模拟采用镶嵌式结构，其结构形式如图 8.4 所示，图中件 18 上的二对凹槽用于安放侧型芯。根据本例分流道与浇口的设计要求，分流道和浇口均设在凹模镶块上。

② 凸模结构设计　凸模主要是与凹模结合构成模具的型座腔，其凸模和侧型芯的结构形式如图 8.4 所示。

5．模具设计计算

本例中成型零件工作尺寸计算时均采用平均法计算。查表得增强聚丙烯的收缩率为 S_{min}=0.4%，S_{max}=0.8%，故平均收缩为 S_{cp}=(0.4+0.8)%/2=0.6%，考虑到工厂模具制造的现有条件，模具制造公差取$\delta_z=\Delta/3$。

（1）型腔和型芯工作尺寸计算。见表 8.2 所示。

（2）型腔侧壁厚度和底板厚度计算

① 下凹模镶块底板厚度计算　根据组合式型腔底板厚度计算公式

$$h_{满}=\sqrt{\frac{3pbl^2}{4B[\sigma]}}$$

取：p=40MPa；b=13.83mm；l=90mm(初选值)；B=190mm(根据模具初选外形尺寸确定)；$[\sigma]$=160MPa(底板材料选定为 45 钢)。得：$h_{满}$=10.5(mm)。

考虑模具的整体结构协调，取 h=25mm。

表 8.2　　型腔、型芯工作尺寸计算

类　别	序号	模具零件名称	塑 件 尺 寸	计 算 公 式	型腔或型芯的工作尺寸
型腔的计算	1	下凹模镶块	$17^{0}_{-0.2}$	$L_M=(L_S+L_SS_{CP}-\frac{3}{4}\Delta)_0^{+\delta_z}$	$16.95^{+0.07}_{0}$
			$15^{0}_{-0.2}$		$15^{+0.04}_{0}$
			$14^{0}_{-0.2}$		$13.93^{+0.07}_{0}$
			$12.1^{0}_{0.12}$		$12.08^{+0.04}_{0}$
			$4.5^{0}_{-0.1}$	$H_M=(H_S+H_SS_{CP}-\frac{3}{4}\Delta)_0^{\delta_z}$	$4.4^{+0.03}_{0}$
	2	凸耳对应的型腔	$R5^{0}_{-0.1}$	$L_R=(L_{RS}+L_{RS}S_{CP}-\frac{3}{4}\Delta)_0^{+\delta_z}$	$4.95^{+0.03}_{0}$
			$R4.2^{0}_{-0.1}$		$4.15^{+0.03}_{0}$
			8.5 ± 0.05	$H_M=(H_S+H_SS_{CP}-\frac{3}{4}\Delta)_0^{\delta_z}$	$8.44^{+0.03}_{0}$
			1 ± 0.05		$0.98^{+0.03}_{0}$
	3	上凹模镶块	$65^{0}_{-0.2}$	$L_M=(L_S+L_SS_{CP}\%-\frac{3}{4}\Delta)_0^{+\delta_z}$	$64.4^{+0.07}_{0}$
			$34^{0}_{-0.2}$		$33.95^{+0.07}_{0}$
			$R6^{0}_{-0.1}$		$5.96^{+0.03}_{0}$
			$1.3^{0}_{0.06}$	$H_M=(H_S+H_SS_{CP}-\frac{3}{4}\Delta)_0^{\delta_z}$	$1.26^{+0.02}_{0}$

续表

类　别	序号	模具零件名称	塑 件 尺 寸	计 算 公 式	型腔或型芯的工作尺寸
型芯的计算	1	右型芯	10.5 ± 0.1	$L_M = (L_S + L_S S_{CP} + \frac{3}{4}\Delta)_0^{+\delta_Z}$	$10.61^{0}_{-0.07}$
			13.5 ± 0.11		$13.63^{0}_{-0.07}$
			$12^{+0.16}_{0}$	$h_M = (h_S + h_S S_{CP} + \frac{3}{4}\Delta)_0^{\delta_Z}$	$12.17^{0}_{-0.05}$
	2	左型芯	$15.1^{-0.14}_{-0.02}$	$L_M = (L_S + L_S S_{CP} + \frac{3}{4}\Delta)_0^{+\delta_Z}$	$15.3^{0}_{-0.04}$
			$12.1^{+0.04}_{+0.02}$		$12.20^{0}_{-0.02}$
			$4.5^{+0.1}_{0}$	$h_M = (h_S + h_S S_{CP} + \frac{3}{4}\Delta)_0^{\delta_Z}$	$4.59^{0}_{-0.03}$
孔距	型孔之间的中心距		32 ± 0.1	$C_M = (C_S + C_S S_{CP}) \pm \frac{\delta_Z}{2}$	32.19 ± 0.03

② 下凹模镶块型腔侧壁厚度计算　下凹模镶块型腔为组合式矩形型腔，根据组合式矩形侧壁厚度计算公式

$$S_{强} = \sqrt{\frac{pH_1 l^2}{2H[\sigma]}}$$

取 p=40MPa(选定值)；b=12mm；l=16.95mm；H_1=12−1.3=10.7mm；H=H_1+h=35.7mm；[σ]=160MPa(底板材料选定为 45 钢)。代入公式计算得：$S_{强}$=3.28mm。

考虑到下模镶块还需安放侧型芯机构，故取下凹模镶块的外形尺寸为 80mm×50mm。

③ 上凹模型腔侧壁厚的确定　上凹模镶块型腔为矩形整体式型腔，根据矩形整体式型腔侧壁厚度计算公式进行计算。由于型腔高度 a=1.26mm 很小，因而所需的 h 值也较小，故在此不做计算，而是根据下凹模镶块的外型尺寸来确定。上凹模镶块的结构及尺寸如图 8.5 所示。

6．模具加热和冷却系统的计算

本塑件在注射成型时不要求有太高的模温，因而在模具上可不设加热系统。是否需要冷却系统可做如下设计计算。设定模具平均工作温度为 40℃，用常温 20℃的水作为模具冷却介质，其出口温度为 30℃，单位时间注射质量 m=0.26kg/h。

查表得聚丙烯单位时间放出热焓量 q=59×10^{4}J/kg。

冷却水的体积流量 q_v 计算公式如下：

$$q_v = \frac{mq}{60\rho c(t_1 - t_2)} = \frac{0.26 \times 59 \times 10^4}{60 \times 10^3 \times 4.187 \times 10^3 (30 - 20)} = 0.61 \times 10^4 (\mathrm{m}^3/\mathrm{min})$$

由上述计算可知，因为模具每分钟所需的冷却水体积流量较小，故可不设冷却系统，依靠空冷的方式冷却模具即可。

7．模具闭合高度的确定

根据支承与固定零件设计中提供的经验数据确定，定模座板：H_1=25mm；上固定板：

H_2=25mm；下固定板：H_3=40mm；支承板：H_4=25mm；动模座板：H_5=25mm；根据推出行程和推出机构的结构尺寸确定垫块：H_6=50mm。因而模具的闭合高度

$$H=H_1+H_2+H_3+H_4+H_5+H_6=25+25+40+25+50+25=190(\text{mm})$$

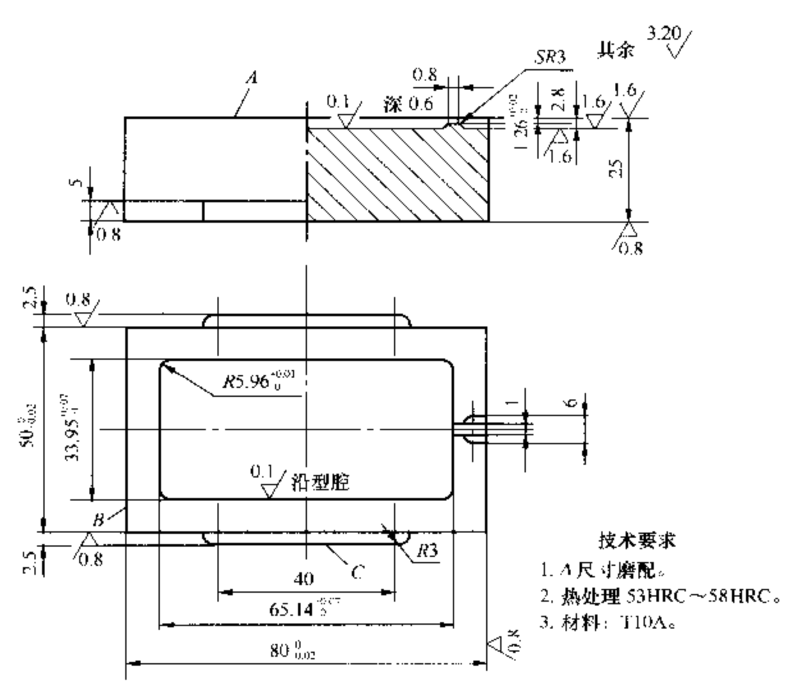


图 8.5　上凹模镶块的结构及尺寸

8．注射机有关参数的校核

本模具的外形尺寸为 280mm×190mm×190mm。XS-Z-60 型注射机模板最大安装尺寸为 350mm×280mm，故能满足模具的安装要求。

由上述的计算模具的闭合高度 H=190mm，XS-Z-60 型注射机所允许模具的最小厚度 $H_{\min}$=70mm，最大厚度 $H_{\max}$=200mm，即模具满足 $H_{\min} \leqslant H \leqslant H_{\max}$ 的安装条件。

经查资料 XS-Z-60 型注射机的最大开模行程 S=180mm，满足出件要求。

$$S \geqslant H_1+H_2+(5\sim10)=10+12+10=32(\text{mm})$$

此外，由于侧分抽芯距较短，不会过大增加开模距离，注射机的开模行程足够。

经验证，XS-Z-60 型注射机能够满足使用要求，故可采用。

9．绘制模具总装图和非标零件工作图

模具总装图如图 8.4 所示，零件图如图 8.5 所示。

8.3　压缩模具设计实例

图 8.6 所示为一框架塑料件零件图，材料为酚醛塑料，年产量为 10 000 件。现对用于该塑件模塑成型的模具设计过程叙述如下。

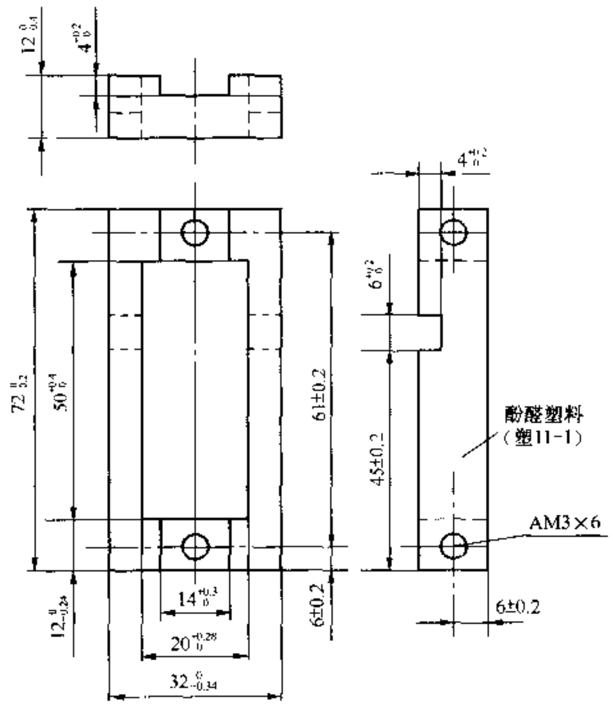


图 8.6　框架塑料件零件图

1．塑件工艺分析

(1) 对塑件的原材料分析

酚醛 11–1 热固性塑料具有优良的可塑性，压缩成型工艺性能良好，制品表面光亮度较高且力学性能和电绝缘性优良，特别适合用做电器类零件的材料。该塑料的比体积 v=1.8～2.8$\mathrm{cm^3\cdot g^{-1}}$，压缩比 k=2.5～3.5，密度 ρ=1.4$\mathrm{g\cdot cm^{-3}}$，收缩率 Q=0.6%～1%。该塑料的成型性较好，但收缩及收缩的方向性较大，硬化速度较慢，故压制时应引起注意。

(2) 塑件的结构、尺寸精度与表面质量分析

从结构上来看，该塑件为框形，上、下表面各有一槽，并在塑件两侧面和上凹槽处镶嵌有 M3×6mm 螺母。该塑件的最小壁厚为 6mm，查表可知，其一满足该塑料的最小壁厚要求，其二螺母嵌件周围塑料层厚度也都满足最小厚度要求。塑件的精度为五级以下，要求不高，表面质量也无特殊要求。从整体分析得知，该塑件结构相对比较简单，精度要求一般，故容易压制成型。

2．模塑方法选择及工艺流程的确定

由于酚醛 11–1 属热固性塑料，既可用压缩方法成型也可用压注方法成型，但由于压缩成型其性能比较优良，故采用压缩成型的方法比较理想。此外由于该塑件的年产量不高，采用简易的压缩模也比较经济。

其模塑工艺流程需经预热和压制两个过程，一般不需要进行后处理。

3．模塑工艺参数的确定

查相关设计资料可得如下模塑工艺参数：

预热温度：（140±10）℃；

预热时间：4min～8 min ；

成型压力：30 MPa ；

成型温度：（165±5）℃ ；

保持时间：0.8～1.0（min/mm）。

4．模塑设备型号与主要参数的确定

该塑件所用压缩模拟采用单型腔半溢式结构。压制设备采用液压机，现对液压机的有关参数选择如下。

（1）计算塑件水平投影面积。经计算得塑件水平投影的面积 $A_{塑}$=13.04 cm² 。

（2）初步确定延伸加料腔水平投影面积。根据塑件尺寸和加料型腔的结构要求初步选定加料型腔的水平投影面积为 $A_{型}$=32 cm² 。

（3）压力机公称压力的选择。根据公式：

$$F_{机} = \frac{pA_{型}n}{k}$$

式中，p —单位成型压力，取 p=12 MPa；

n —型腔个数，取 n=1；

k —修正系数，取 k =0.85。

代入上式得

$$F_{机} = \frac{12\text{MPa} \times 3200\text{mm}^2 \times 1}{0.85} = 45176\text{N} = 452\text{kN}$$

根据 $F_{机}$查表，选型号为 45 的液压机。

公称压力 ： 450 kN。

封闭高度 ： 650 mm。

滑块最大行程 ： 250 mm。

由封闭高度和滑块最大行程两个参数可知压缩模的最小闭合高度需 400mm。由于本压缩模压制的塑件较小，模具闭合高度不会太大，实际操作时可通过加垫块的方式来达到压力机闭合高度的要求。

本模具拟采用移动式压缩模，故开模力和脱模力可不进行校核。

5．确定模具结构方案

（1）加压方向与分型面的选择

根据压缩模加压方向和分型面选择的原则和便于安放嵌件，采用如图 8.7 所示的加压方向和分型面。

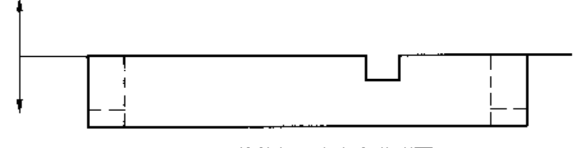


图 8.7　塑件的加压方向和分型面

选择这样的加压方向有利于压力传递，便于加料和安放嵌件，图示分型塑件外表无接痕，可保证塑件质量。

（2）凸模与凹模配合的结构形式

为了便于排气、溢料，在凹模上设置一段引导环 l_2，斜角取 α=30′，取圆角半径 R=0.3mm。为使凸、凹模定位准确和控制溢料量在凸、凹模之间设置一段配合环，其长度取为 l_1=5mm，采用配合 H8/f 7。此外在凸模与加料腔接触表面处设有挤压环 l_3，其值取 l_3=3mm。综上所述，本模具凸模与凹模配合的结构形式如图 8.8 所示。

（3）确定成型零件的结构形式

为了降低模具制造难度，本模具拟采用组合型腔的结构。其基本结构示意图如图 8.9 所示。

此外由于塑件上需嵌入螺母，根据图 8.10 所示的型芯拼块结构需在凹模 2 和型芯拼块 3 上设置嵌件安装的零件。

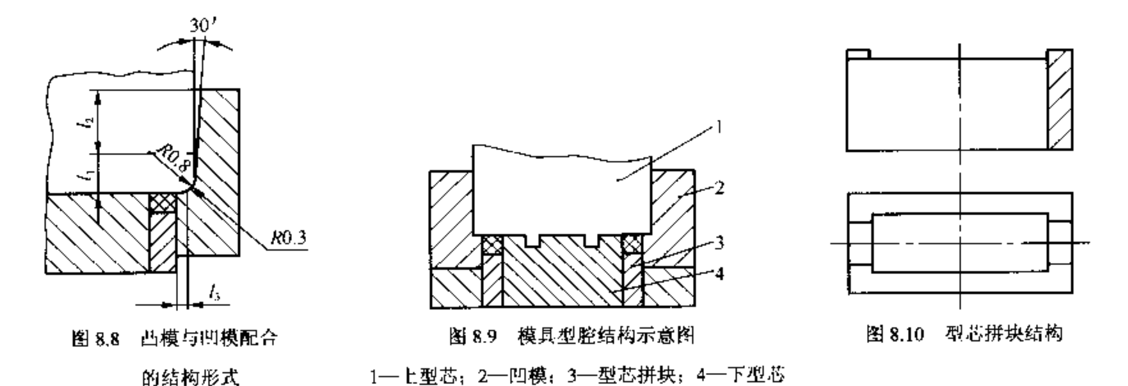


图 8.8　凸模与凹模配合的结构形式

图 8.9　模具型腔结构示意图

1—上型芯；2—凹模；3—型芯拼块；4—下型芯

图 8.10　型芯拼块结构

6．模具设计的有关计算

（1）型腔、型芯工作尺寸计算

① 凹模工作尺寸计算。根据型腔径向尺寸计算公式

$$L_M=\left(L_s+L_SQ_{cp}\%-\frac{3}{4}\varDelta\right)_0^{-\delta_z}$$

现对有关尺寸进行计算（塑 11－11 的平均收缩率 $Q_{cp}=\frac{0.6+1.0}{2}\%=0.8\%$）

$72_{-0.2}^{\ 0}$ mm ：

$$L_M=\left(L_s+L_SQ_{cp}\%-\frac{3}{4}\varDelta\right)_0^{+\delta_z}$$

$$=(72+72\times0.008-0.75\times0.34)_0^{+\frac{0.2}{4}}\ \text{mm}$$

$$=72.4_0^{+0.05}\ \text{mm}$$

$32_{-0.34}^{\ 0}$ mm ：

$$L_M=\left(L_s+L_SQ_{cp}\%-\frac{3}{4}\varDelta\right)_0^{+\delta_z}$$

$$=(32+32\times0.008-0.75\times0.2)_0^{+\frac{0.34}{4}}\ \text{mm}$$

$$=32.{}_{0}^{+0.085}\ \text{mm}$$

根据公式

$$H_M=\left(H_s+H_SQ_{cp}\%-\frac{2}{3}\Delta\right)_0^{+\delta_z}$$

可计算型腔深度尺寸

$12_{-0.4}^{0}$ mm ：

$$H_M=\left(H_s+H_SQ_{cp}\%-\frac{2}{3}\Delta\right)_0^{+\delta_z}$$

$$=（12+12\times0.008-0.75\times0.4）{}_{0}^{+\frac{0.4}{4}}\ \text{mm}$$

$$=11.83_{0}^{+0.1}\ \text{mm}$$

注意：由于型腔深度是经型芯拼块装入凹模后间接获得的，因此在模具装配时应注意保证获得此尺寸。

② 型芯工作尺寸计算。根据型芯径向尺寸计算公式

$$L_M=\left(L_s+L_SQ_{cp}\%+\frac{3}{4}\Delta\right)_0^{+\delta_z}$$

现对有关尺寸进行计算

$20_{0}^{+0.28}$ mm ：

$$L_M=\left(L_s+L_SQ_{cp}\%+\frac{3}{4}\Delta\right)_{-\delta_z}^{0}$$

$$=（20+20\times0.008+0.75\times0.28）{}_{-\frac{0.28}{4}}^{0}\ \text{mm}$$

$$=20.37_{-0.07}^{0}\ \text{mm}$$

$50_{0}^{+0.4}$ mm ：

$$L_M=\left(L_s+L_SQ_{cp}\%+\frac{3}{4}\Delta\right)_{-\delta_z}^{0}$$

$$=（50+50\times0.008+0.75\times0.4）{}_{-\frac{0.28}{4}}^{0}\ \text{mm}$$

$$=50.7_{-0.1}^{0}\ \text{mm}$$

（2）型芯拼块有关尺寸计算

型芯拼块既是构成组合型腔的一个零件，又与凹模 2 和下型芯 4 存在配合关系，如图 4.57 所示。下型芯拼块的结构如图 4.58 所示。

现对型芯拼块上用于成型塑件上 14mm×4mm 槽的凹台尺寸进行计算。

$14_{0}^{+0.3}$ mm ：

$$L_M=\left(L_s+L_SQ_{cp}\%+\frac{3}{4}\Delta\right)_{\delta_z}^{0}$$

$$=（14+14\times0.008+0.75\times0.3）{}_{-\frac{0.3}{4}}^{0}\ \text{mm}$$

$$=14.3_{-0.075}^{0}\ \text{mm}$$

$4_{0}^{+0.2}$ mm ：
$$h_M=\left(h_s+h_sQ_{cp}\%+\frac{2}{3}\Delta\right)_{\delta_z}^{0}$$

$$=(4+4\times0.008+0.667\times0.2)_{-\frac{0.2}{4}}^{0}\ \text{mm}$$

$$=4.17_{-0.05}^{0}\ \text{mm}$$

型芯拼块其余的外形与内腔尺寸应根据凹模3与下型芯8的有关实际尺寸进行配合加工，并保证型芯拼块与凹模之间的间隙为 0.02mm，与下型芯 8 采用过渡配合 H7/m6。

(3) 凹模加料腔尺寸计算

① 塑件体积计算　根据计算塑件的体积为 14.13 cm^3。考虑压缩过程中会有少量溢料（约 5%），则考虑溢料情况下塑件的体积为 14.84 cm^3 。

② 塑料体积计算　根据体积计算公式可求得：

$$V_{料}=V_{件}\cdot\rho\cdot v$$
$$=14.28\ cm^3\times1.4\times3$$
$$=62.33\ cm^3$$

③ 加料腔高度计算　根据凸模与凹模配合形式中所确选定的挤压环 l_2=3 mm，加料腔底面与加料腔侧壁用 R=0.3 mm 的圆角过渡，可算得加料腔的面积为 30.33 cm^3。再根据半溢式压缩模加料腔计算公式，可计算加料腔的高度尺寸：

$$H=\frac{V-V_0}{A}+(0.5\sim1.0)\ \text{cm}$$

$$=\frac{62.33-14.13}{30.33}+(0.5\sim1.0)\ \text{cm}$$

$$=1.6+(0.5\sim1.0)\ \text{cm}$$

取 H=2.3 cm=23 mm

(4) 上型芯的工作尺寸计算

上型芯工作尺寸主要是用于成型塑件上 6mm×4 mm 的凹槽。另外，上型芯与凹模加料腔的配合尺寸应根据凹模加料腔的实际尺寸进行配作，并保证两者之间的间隙值为 0.03 mm 左右。

上型芯凸台工作尺寸计算如下：

$6_{0}^{+0.2}$ mm ：
$$L_M=\left(L_s+L_SQ_{cp}\%+\frac{3}{4}\Delta\right)_{-\delta_z}^{0}$$

$$=(6+6\times0.008+0.75\times0.2)_{-\frac{0.2}{4}}^{0}\ \text{mm}$$

$$=6.2_{-0.05}^{0}\ \text{mm}$$

$4_{0}^{+0.2}$ mm ：

$$h_M=\left(h_s+h_S Q_{cp}\%+\frac{2}{3}\Delta\right)_{-\delta_z}^{0}$$

$$=(4+4\times0.008+0.667\times0.2)_{-\frac{0.2}{4}}^{\ 0}\ \mathrm{mm}$$

$$=4.17_{-0.05}^{\ 0}\ \mathrm{mm}$$

（5）型腔壁厚计算

根据公式

$$h=\sqrt[3]{\frac{paL_1^4}{32EA[\delta]}}$$

式中取值：

p=35 MPa　　a=12 mm　　L_1=72 mm

E=2.1 × 105 MPa　　A=50 mm　　[δ]=0.03 mm

代入值计算得 ：

$$h=\sqrt[3]{\frac{35\times12\times72^4}{32\times2.1\times10^5\times50\times0.05}}=10\mathrm{mm}$$

7．模具加热与冷却系统设计

因为本例压制的是热固性塑料，故必须对模具进行加热和冷却。本模具拟采用专用加热板并采用电加热棒方式对模具进行加热。

（1）加热所需电功率计算　根据公式

$$P=q\cdot m$$

式中，q=35 W・kg^{-1}　（查表）

m=10 kg　（计算省略）

得　P=10 kg × 35 W・kg^{-1}=350 W

（2）选择电加热棒的数量　根据初步估计本模具的外形尺寸，上、下加热板各用 3 根加热棒对模具进行加热。

（3）选用电加热棒的规格

$$P_{每}=\frac{P}{n}=\frac{350}{6}\approx58\mathrm{W}$$

查表，选用直径为 ϕ=13 mm，长度 L=60 mm 的电加热棒。

（4）冷却系统设计　由于本模具属于小型压缩模。发热量不大，散热条件比较好，故不需设专用冷却水道。

8．绘制模具总装图

本模具的总装图如图 8.11 所示。

本模具工作原理：模具打开，将称量过的塑料原料加入型腔，然后闭模，将闭合模具移入液压机工作台面的垫板上（加入垫板是为了符合液压机闭合高度的要求）。对模具进行加压加热，待塑件固化成型后，将模具移出，在专用卸模架上脱模（卸模架对上、下模同时卸模）。凹模零件图如图 8.12 所示。

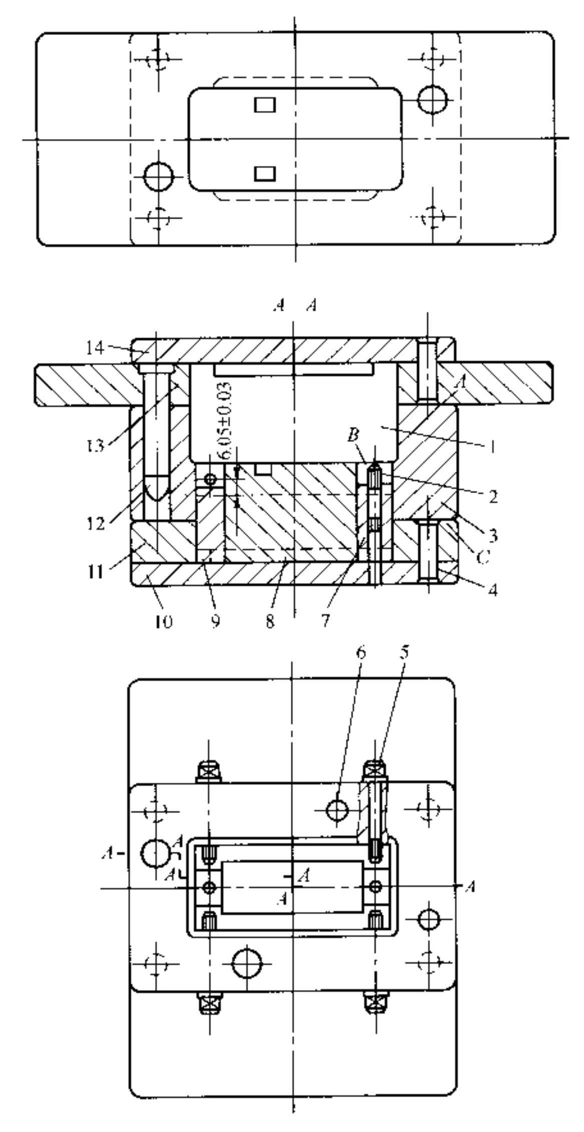


图 8.11　热固性塑料移动式压缩模

1—上型芯；2，5　嵌件螺杆；3—凹模；4—铆钉；6—导钉；7—型芯拼块；8—下型芯；
9—型芯拼块；10—下模座板；11—下固定板；12—导钉；13—上固定板；14—上模座板

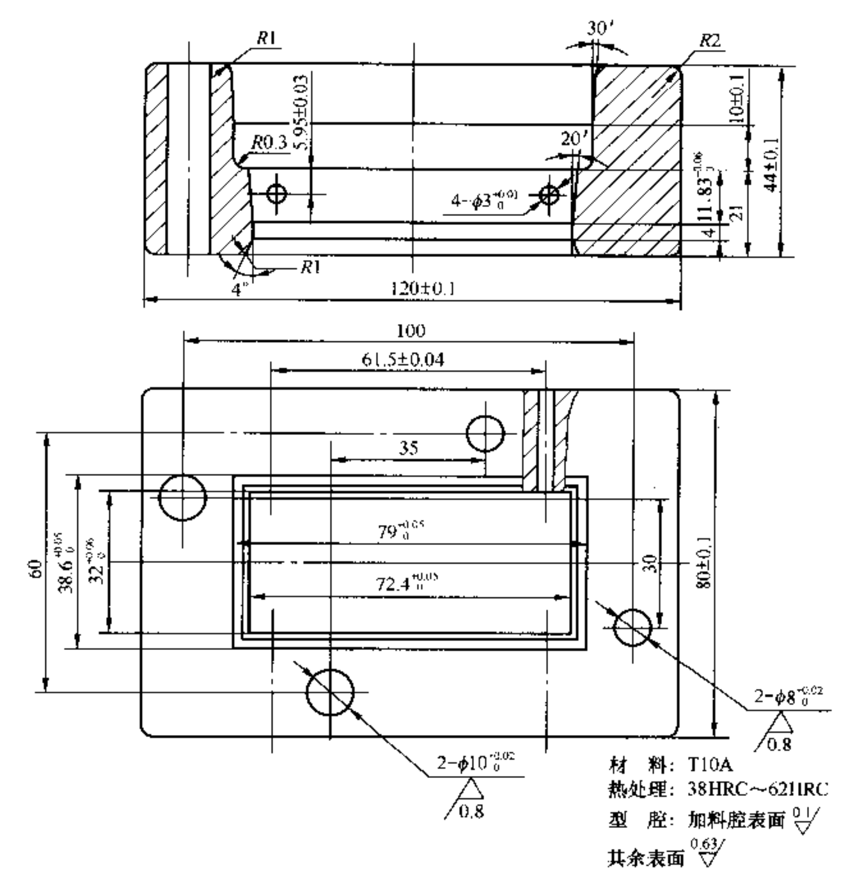


图 8.12　凹模零件图

思考与练习题

1．读懂题图 8.1，改性聚苯乙烯制品，年产量 20 万件。

试：

（1）说明生产成型时模具的工作原理。指出序号 1～20 的零件名称及其作用。

（2）序号 1～20 的零件选用什么材料？热处理应达到什么要求？为什么？

（3）此制品塑料成型前应注意什么问题？根据现在所学知识，分析成型制品可能出现的质量问题及解决问题的办法。

（4）按照模具设计程序，对改性聚苯乙烯塑料制品模具进行全过程设计。

2．读懂题图 8.2，环氧树脂制品年产量 17 万件。

试：

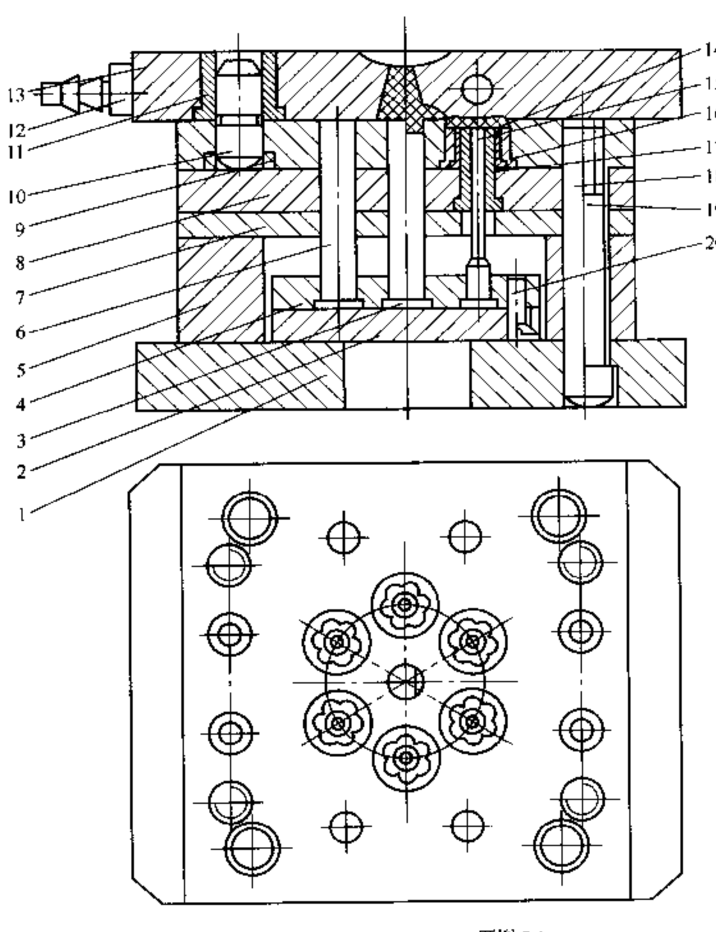
（1）说明生产成型时模具的工作原理。指出序号 1～17 的零件起的作用。

（2）序号 1～17 的零件选用什么材料？热处理应达到什么要求？为什么？

（3）此制品塑料成型前应注意什么问题？根据现在所学知识，分析成型制品可能出现的

质量问题及解决问题的办法。

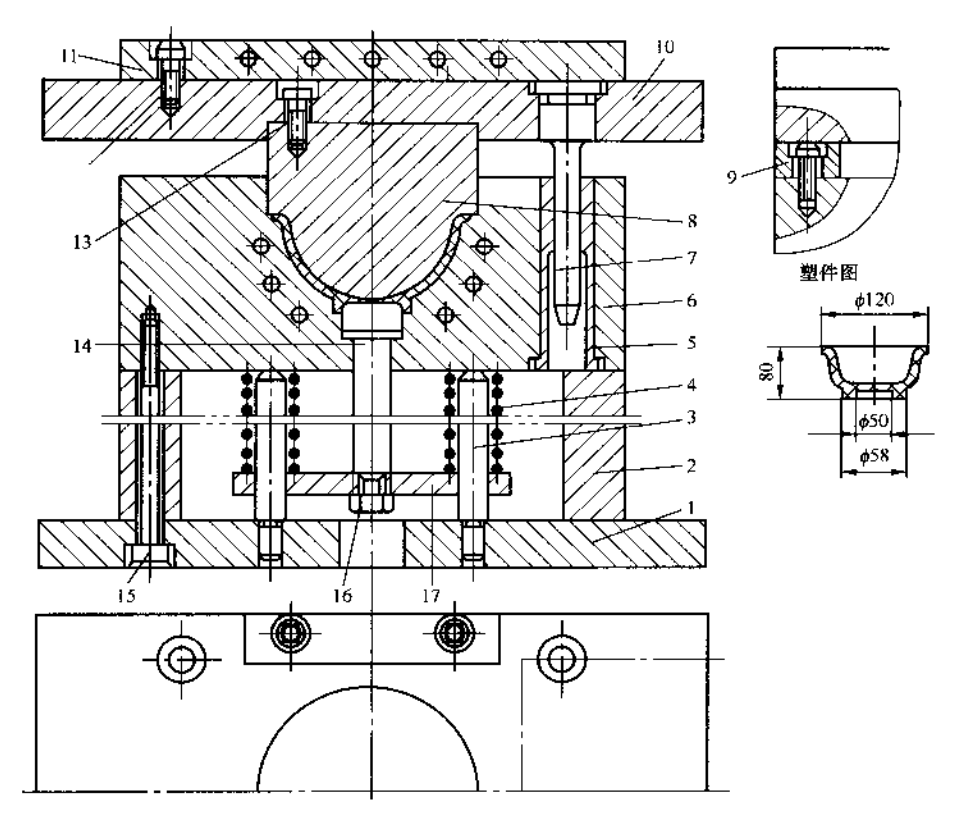
（4）按照模具设计程序，对环氧树脂塑料制品模具进行全过程设计。



塑件图

材料：改性聚苯乙烯

题图 8.1



题图 8.2　固定式压缩模

1—下模座板；2—垫块；3—导柱；4—弹簧；5—导套；6—凹模；7—导柱；

8—凸模；9—承压板；10—上模座板；11—上加热板；12—螺钉；

13—螺钉；14—推杆；15—螺钉；16—螺母；17—推板

附　录

附表 1.1　热塑性塑料的主要特性和用途

性　能	特　性	用　途
聚乙烯	柔韧性好，介电性能和化学腐蚀性能优良，成型工艺性好，但刚性差。密度约为 0.91g/cm^3～0.96g/cm^3	化工耐腐蚀材料和制品，小负荷齿轮，轴承，电线电缆包皮，日常生活用品
聚丙烯	耐腐蚀性优良，力学性能高于聚乙烯，耐疲劳和耐应力开裂性好，但收缩率较大，低温脆性大。密度约为 0.90g/cm^3～0.91g/cm^3	医疗器具，家用厨房用具，家电零部件，化工耐腐蚀零件，中小型容器和设备
聚氯乙烯	耐化学腐蚀性和电绝缘性能优良，力学性能较好，具有难燃性，但耐热性差，高温时易发生降解。密度约为 1.15g/cm^3～2.00g/cm^3	软、硬耐腐蚀管、板、型材、薄膜，电线电缆绝缘制品等
聚苯乙烯	树脂透明，有一定的机械强度，绝缘性能好，耐辐射，成型工艺性好，但脆性大，耐冲击性和耐热性差。密度约为 1.054g/cm^3	不受冲击的透明仪器、仪表外壳、罩体、生活日用品，如瓶、牙刷柄
ABS	具有韧、硬、刚相均衡的优良力学特性，绝缘性能好，耐化学腐蚀性，尺寸稳定性、表面光泽性好，易涂装和着色，但耐热性不太好，耐候性较差。密度约为 1.02g/cm^3～1.05g/cm^3	汽车、电器仪表、机械构件，如齿轮、把手、仪表盘等
丙烯酸类树脂	具有极好的透光性，耐候性优良，成型性和尺寸稳定性好，但表面硬度低。有机玻璃密度约为 1.18g/cm^3	光学仪器，要求透明和一定强度的零部件，如窗、罩、盖、管等
聚酰胺	力学性能优异，冲击韧性好，耐磨性和自润滑性能好，但易吸水，尺寸稳定性差。密度约为 1.03g/cm^3～1.04g/cm^3	机械、仪器仪表、汽车等方面耐磨受力零部件
聚碳酸酯	有优良的综合性能，特别是力学性能优异，耐冲击性能优于一般热塑性塑料，其他如耐热、耐低温、耐化学腐蚀性、电绝缘性能等均好，制品精度高，树脂具有透明性，但易产生应力开裂。密度约为 1.2g/cm^3	强度高、耐冲击结构件，电器零部件，小负荷传动零件等
聚甲醛	力学性能优异，刚性好，耐冲击性好，有突出的自润滑性、耐磨性和化学腐蚀性，但耐热性和耐候性差。密度约为 1.41g/cm^3～1.71g/cm^3	代替铜、锌等有色金属和合金耐磨部件，如轴承、齿轮、凸轮等耐蚀制品
氟塑料	有突出的耐腐蚀、耐高温性能，摩擦系数低，自润性能好，但力学性能不高，刚性差，成型加工性不好。密度约为 2.07g/cm^3～2.2g/cm^3	高温环境中的化学设备及零件，耐磨部件，密封材料等
聚砜类	耐热性优良，力学性能、绝缘性能、尺寸稳定性、耐辐射性好，但成型工艺性差。密度约为 1.24g/cm^3～1.45g/cm^3	高温、高强度结构零部件，耐腐蚀电绝缘零部件
聚苯醚	有优良的力学性能，热变形温度高，使用温度范围宽，耐化学腐蚀性、抗蠕变性和绝缘性能好，有自熄性，尺寸稳定性好。密度约为 1.06g/cm^3～1.38g/cm^3	代替有色金属作精密齿轮、轴承等零件，耐高温、耐腐蚀电器部件
纤维素及其塑料	表面韧而硬，透明度好，容易着色，耐候性好，易于加工	硝化纤维素作炸药，塑料用于生活、文教用品，如乒乓球、眼镜架、笔杆、尺子等

附表 1.2　热固性塑料的主要特性和用途

名　称	特　性	用　途
酚醛树脂	绝缘性能和力学性能好，耐水性、耐酸性和耐烧蚀性能优良	电气绝缘制品，机械零件，粘结材料及涂料

续表

名称		特性	用途
氨基树脂	脲醛树脂	本身为无色，着色性好，绝缘性能好，但耐水性差	电器零件，食品器具，木材和胶合板用粘结剂
	三聚氰胺树脂	本身为无色，着色性好，硬度高，耐磨性好，绝缘性能和耐电弧性能优良	电器机械零件，化妆板，食品及粘结剂和涂料等
环氧树脂		粘结性和力学性能优良，耐化学药品性（尤其是耐碱性）良好，绝缘性能好，固化收缩率低，可在室温、接触压力下固化成型	力学性能要求高的零部件、电器绝缘制品，粘结剂和涂料
不饱和聚酯树脂		可在低压下固化成型，其玻璃纤维增强塑料具有优良力学性能，良好的耐化学性和绝缘性能，但固化收缩率较大	建材，结构材料，汽车，电器零件，纽扣，还可做涂料、胶泥等
聚氨脂		耐热、耐油、耐溶剂性好，强韧性、粘结性，弹性优良	隔热材料，缓冲材料，合成皮革，发泡制品
二烯酮树脂		绝缘性能优异，尺寸稳定性好	绝缘电器零件，精密电子零件

附表 1.3　　常用塑料的收缩率

塑料种类	收缩率（%）	塑料种类	收缩率（%）
聚乙烯（低密度）	1.5~3.5	ABS（抗冲）	0.3~0.8
聚乙烯（低密度）	1.5~3.0	ABS（耐热）	0.3~0.8
聚丙烯	1.5~2.5	ABS（30%玻璃纤维增强）	0.5~0.6
聚丙烯（玻璃纤维增强）	0.4~0.8	聚甲醛	1.2~3.0
聚氯乙烯（硬质）	0.6~1.5	聚碳酸酯	0.5~0.8
聚氯乙烯（半硬质）	0.6~2.5	聚砜	0.5~0.7
聚氯乙烯（软质）	1.5~3.0	聚砜（玻璃纤维增强）	0.4~0.7
聚苯乙烯（通用）	0.6~0.8	聚苯醚	0.7~1.0
聚苯乙烯（耐热）	0.2~0.8	改性聚苯醚	0.2~0.7
聚苯乙烯（增韧）	0.3~0.6	氯化聚醚	0.3~0.8
尼龙 6	0.8~2.5	氟塑料 F-3	1.0~2.5
尼龙 6（30%玻璃纤维增强）	0.35~0.45	氟塑料 F-2	2
尼龙 9	1.5~2.5	氟塑料 F-46	2.0~5.0
尼龙 11	1.2~2.5	酚醛塑料（木粉填料）	0.5~0.9
尼龙 66	1.5~2.2	酚醛塑料（石棉填料）	0.2~0.7
尼龙 66（30%玻璃纤维增强）	0.4~0.55	酚醛塑料（云母填料）	0.1~0.5
尼龙 610	1.2~2.0	酚醛塑料（棉纤维填料）	0.3~0.7
尼龙 610（30%玻璃纤维增强）	0.35~0.45	酚醛塑料（玻璃纤维填料）	
尼龙 1010	0.5~4.0	脲醛塑料（纸浆填料）	0.6~1.3
醋酸纤维素	1.0~1.5	脲醛塑料（木粉填料）	0.7~1.2
醋酸丁酸纤维素	0.2~0.5	三聚氰氨甲醛（纸浆填料）	0.5~0.7
丙酸纤维素	0.2~0.5	三聚氰氨甲醛（矿物填料）	0.4~0.7
聚丙烯酸酯类塑料（通用）	0.2~0.9	聚邻苯二甲酸二丙烯酯（石棉填料）	0.28
聚丙烯酸酯类塑料（改性）	0.5~0.7	聚邻苯二甲酸二丙烯酯（石棉填料）	0.42
聚乙烯醋酸乙烯	1.0~3.0	聚间苯二甲酸二丙烯酯（玻璃纤维填料）	0.3~0.4
氟塑料 F-4	1.0~1.5		

附表 2.1　　注射成型制品的缺陷及产生原因的分析

制品缺陷	产生的原因
1．制品缺料	（1）塑料流动性太差 （2）加料量不足，加料装置发生故障，料筒与螺杆或柱塞间隙大，熔料回流太多，塑料在料斗中“架桥” （3）料筒、喷嘴和模具温度偏低 （4）注射时间短，注射压力太低，注射速度太慢，保压时间不足 （5）流道或浇口太小或堵塞，浇口数目不够、位置不当，流程长而曲折，无冷料穴或冷料穴不当 （6）模腔排气不良 （7）制品壁太薄、形状复杂且面积大
2．制品溢边	（1）塑料流动性太大，料温高，模温高，注射速度太快 （2）加料量过大，注射压力太大，合模力不足或合模机构不良，注射机模板不平行 （3）模具分型面闭合不良或有杂物，型腔和型芯部分滑动零件间隙过大 （4）模具刚度不足，平行度不好 （5）模腔排气不良 （6）制品在分型面上的投影面积大于注射机所允许的成型面积
3．制品起泡	（1）塑料干燥不良，含有水分、单体、溶剂及易挥发物 （2）料温高，加热时间长，塑料有分解 （3）注射速度太快 （4）注射压力过小，柱塞或螺杆退回（撤压）过早，背压小 （5）模温太低，充模不完全 （6）从加料端带入空气 （7）制品设计不良，模具排气不畅，有贮气死角
4．制品凹痕	（1）加料量不足 （2）流道、浇口太小，或数量不足，或位置不当，不利于供料和补缩 （3）料温高，模温高，冷却及保压时间短 （4）制品壁厚或壁薄相差大（在厚壁处背部易出现塌坑） （5）注射压力小，时间短，注射速度慢 （6）熔料流动不良或溢料过多
5．熔接痕	（1）料温及模温太低，塑料流动性差，冷却速度快 （2）注射压力小，注射速度慢 （3）模腔排气不良 （4）进料口太多，位置不当，浇注系统的流程过长，形式不当，冷料穴的设计有问题 （5）模具冷却系统设计不当 （6）制品形状不良，壁太薄，嵌件太多且温度低 （7）模内有水分、润滑剂，脱模剂使用过多，原料受到污染（掺有不相溶的料）
6．制品表面有银丝或波纹	（1）原料含有水分及挥发物 （2）料温、模温太高或太低 （3）注射压力太低，注射速度太慢 （4）模具冷却系统设计不当 （5）流道、浇口太小 （6）模具表面有水分、润滑油，脱模剂使用过多或选用不当 （7）制品壁厚不均，嵌件未预热或温度太低，配料不当（混入异料或不相溶料）
7．黑点及条纹	（1）塑料分解（尤其是热敏性塑料） （2）螺杆转速太快，背压太高 （3）塑料碎屑卡入柱塞及料筒之间间隙，料筒清洗不净 （4）喷嘴与主浇道吻合不好，产生积料并分解，模具有死角贮料分解 （5）浇口尺寸过小，位置不当，模具排气不良 （6）原料被污染或带入杂质，塑料中或型腔表面有可燃挥发物，染色不均，水敏性塑料干燥不良，水解变黑

续表

制品缺陷	产生的原因
8．制品变形	(1) 模具温度太高，冷却时间不足 (2) 制品厚薄悬殊太大，强度不足，嵌件分布不当及预热不良 (3) 浇口位置不当，数量不够，尺寸小 (4) 推出位置不当，受力不均 (5) 塑料大分子定向作用太大 (6) 模具因强度不足而变形，模具精度不良，定位不可靠，磨损
9．尺寸不稳定	(1) 加料量不稳 (2) 注射机电气或液压系统不稳 (3) 注射压力太低，充模保压时间不够，冷却时间太短，脱模后冷却不均，制品后处理条件不稳定 (4) 料筒和喷嘴温度太高，模温不均匀 (5) 原料颗粒不均，新旧料混合不当，塑料收缩不稳定，结晶性料的结晶度不稳定 (6) 模具设计尺寸不准确，浇口尺寸太小或不均，流道尺寸不均，模具强度不足，精度不良
10．制品粘模	(1) 注射压力太高，注射时间和保压时间太长，料温及模温高，加料太多 (2) 模具光洁度不高，脱模斜度不够，刚度不足 (3) 浇口尺寸太大和位置不当 (4) 推出机构位置和结构不合理 (5) 脱模剂选用不当 (6) 冷却系统设计不良，冷却时间过长或过短
11．主浇道粘模	(1) 主浇道光洁度差，有凹痕划伤 (2) 料温高，冷却时间短，主浇道料尚未凝固 (3) 喷嘴孔径大于主浇道直径，浇口套与喷嘴相配合的球面半径不吻合 (4) 主浇道斜度不够 (5) 喷嘴温度太低 (6) 主浇道无冷料穴，拉料杆失灵
12．制品内有冷块或僵块	(1) 塑化不均匀 (2) 料温、模温及喷嘴温度低，注射速度小 (3) 料内混入杂质或不同牌号的原料 (4) 无主浇道或分浇道冷料穴，冷料穴位置或尺寸不当 (5) 注射机塑化能力不足，注射机容量接近制品重量，成型时间短
13．制品分层脱皮	(1) 不同塑料混杂 (2) 同一种塑料不同牌号相混 (3) 塑化不均匀 (4) 原料污染或混入异物 (5) 料温、模温低，冷料穴小，料的流动性差，料冷却太快
14．制品褪色	(1) 料筒温度过高，致使塑料、着色剂或添加剂分解 (2) 螺杆转速太大，背压太高 (3) 注射压力太大 (4) 注射速度太快 (5) 注射保压时间太长 (6) 流道、浇口尺寸不合适 (7) 模具排气不良
15．制品强度下降	(1) 塑料分解 (2) 成型温度太低 (3) 熔接不良 (4) 塑料潮湿 (5) 塑料混入杂质或回收使用次数太多 (6) 浇口位置选择不当

续表

制品缺陷	产生的原因
15．制品强度下降	（7）制品设计有缺陷，带有锐角缺口 （8）金属嵌件周围的塑料厚度不够 （9）模具温度太低
16．制品透明度不好	（1）模温低，料温低及熔料与模具表面接触不良 （2）模具表面不光亮，有油污或水分 （3）脱模剂过多或不当 （4）塑化不良或塑料分解，料中含水分量大，有杂质 （5）结晶性料冷却不良、不匀或制品壁厚不均
17．制品有裂纹	（1）脱模时推出不良，塑料性脆，混入异料杂质 （2）模温太低或不均 （3）冷却时间过长或冷却过快 （4）嵌件未预热或预热不够，或清洗不干净 （5）制品壁薄，脱模斜度小，有尖角或缺口，易应力集中 （6）ABS塑料或耐冲击聚苯乙烯塑料在顶杆推出部位易发生白色细纹（一般用电吹风热烘即可消失） （7）塑料收缩方向性过大或填料分布不均 （8）脱模后或后处理后冷却不当，制品保管不良与溶剂接触，脱模剂使用不当
18．制品表面不光泽	（1）模具型腔光洁度不够，有划伤、水分及油污，模具排气不良 （2）脱模剂过多，选用不当 （3）模温或料温过高或过低（不同塑料在某一料温及模温时光泽性最好），注射速度慢，塑料流动性差 （4）塑料含水分、挥发物多，塑料及颜料分解变质，熔料中充气过多 （5）注射速度快，进料口小，熔料气化，呈乳白色薄层 （6）供料不足，塑化不良，料中混入异料或不相溶料 （7）制品表面硬度低，易划伤，模具脱模斜度小，脱模不良 （8）粒度大小不均

附表2.2　压缩成型制品的缺陷及产生原因的分析和解决的办法

问题类型	产生的原因	解决的办法
1．表面起泡或鼓起	（1）塑料中水分与挥发物的含量太大 （2）模具过热或过冷 （3）成型压力不足 （4）成型时间过短 （5）塑料压缩率太大，所含空气太多 （6）加热不均匀	（1）将塑料进行干燥或预热后再加入模具 （2）适当调节温度 （3）增加压力 （4）延长成型时间（指固化阶段） （5）将物料预压，将疏松料在模具中堆成山峰状 （6）改进加热装置
2．翘曲	（1）塑料固化程度不足 （2）制品结构的刚度不足 （3）塑料流动性太大 （4）塑料中水分与挥发物的含量太大 （5）模具温度过高或凸凹模表面温差太大，致使制件收缩不一致 （6）制件壁厚与形状过分不规则，使料流固化与冷却不均匀，致使各部位收缩不一致 （7）闭模前塑料在模内停留的时间过长	（1）增加固化时间 （2）制品设计时考虑增加厚度或增添加强筋 （3）选用流动性小的塑料 （4）将塑料进行干燥或预热后再进行成型 （5）降低温度或调整凸凹模表面的温差在±3℃范围之内，最好相同 （6）选用收缩率小的塑料，相应调整各部位的温度；预热塑料；改变制件的设计 （7）缩短塑料在闭模前停留于模内的时间 另：可采用制品在模具内冷却的方法来消除翘曲，但这样会增加成型周期或模具数量，只有在特殊需要时采用，否则不经济
3．裂缝	（1）嵌件与塑料的体积比率不当或配入的嵌件太多 （2）嵌件的结构不合理	（1）制件另行设计或选用收缩率小的塑料 （2）改用结构合理的嵌件 （3）改正模具或推出装置的设计

续表

问题类型	产生的原因	解决的办法
3. 裂缝	(3) 模具设计不当或推出装置不合理 (4) 制件各部位的厚度相差太大 (5) 制件在模内冷却时间太长 (6) 塑料中水分与挥发物的含量太大	(4) 修改制件的设计 (5) 缩短或免去制件在模内的冷却时间 (6) 预热塑料
4. 表面灰暗	(1) 模具表面光洁度不够 (2) 润滑剂质量差或类型不对 (3) 模具温度过高或过低	(1) 仔细清理模具型腔并加强维护，抛光或镀铬 (2) 选用适当的润滑剂 (3) 调整模具温度
5. 表面出现斑点或小缝	塑料内含有外来杂质，尤其是油类杂质，或者是模具没有得到很好的清理	塑料应过筛，防止杂质的污染，仔细清理模具型腔
6. 制件变色	模具温度过高	降低模具温度
7. 粘模	(1) 模具型腔表面或塑料中可能无润滑剂或用量不当 (2) 模具型腔表面光洁度差	(1) 模具型腔表面涂覆或塑料中加入适量的润滑剂 (2) 增加模具型腔表面的光洁度
8. 飞边太厚	(1) 加料过度 (2) 塑料流动性太小 (3) 模具设计不当 (4) 导套可能被堵塞	(1) 准确加料 (2) 预热塑料，降低温度，增大压力 (3) 修改模具设计 (4) 清理导套
9. 表面呈橘皮状	(1) 塑料在高压下闭模太快 (2) 塑料的流动性太大 (3) 塑料颗粒太粗 (4) 塑料水分太多	(1) 降低闭模速度 (2) 选用流动性较小的塑料，或将塑料进行烘烤 (3) 预热塑料，选用颗粒小的塑料 (4) 进行干燥
10. 脱模时呈柔软状	(1) 塑料固化程度不够 (2) 塑料水分太多	(1) 增加固化时间或提高成型压力 (2) 预热塑料
11. 制件尺寸不合要求	(1) 上料不准 (2) 闭模速度太快或排气太快致使塑料自模具溢出 (3) 模具型腔不精确或已经磨损 (4) 塑料不合规格	(1) 调整上料量 (2) 降低闭模或排气速度 (3) 修理或更换模具 (4) 选用符合规格的塑料
12. 电性能不合要求	(1) 塑料水分太多 (2) 塑料固化程度不够 (3) 塑料中含有金属物或油脂等杂质	(1) 预热塑料 (2) 增加成型周期或提高模温 (3) 防止混入杂质
13. 力学强度差与化学性能低劣	(1) 塑料固化程度不够，一般是由模温太低造成 (2) 成型压力不足或加料量不够	(1) 提高模具温度与延长固化时间 (2) 提高成型压力和准确加料
14. 制件有灼烧痕迹	(1) 预热温度过高使表皮过热 (2) 排气孔太小或堵塞 (3) 合模速度太快	(1) 降低预热温度和模温 (2) 开大排气孔或清理堵塞物 (3) 降低合模速度
15. 脱模困难	(1) 模具温度太高，成型压力太大 (2) 加料过多 (3) 脱模剂效果差	(1) 降低模具温度及成型压力 (2) 减少加料量 (3) 选用适宜的脱模剂

附表 2.3　挤出管材的缺陷及产生原因的分析和消除方法

出现的问题	原　因	消除方法
1. 管材内外表面毛糙	(1) 塑料中水分含量过大 (2) 料温太低 (3) 机头与口模内部不洁净 (4) 挤出速率太快	(1) 干燥塑料 (2) 适当提高温度 (3) 清理机头与口模 (4) 降低螺杆转速

续表

出现的问题	原　　因	消除方法
2．塑件带有焦粒或变色	（1）挤压温度过高 （2）机头与口模内部不洁净或有死角	（1）降低温度 （2）清理机头与口模，改进机头与口模的流线型
3．管材起皱	（1）料流发动脉动 （2）牵引速度不平稳	（1）需检查发生脉动的原因，并采取相应的措施，放慢挤出速度和严格控制 （2）检查牵引装置使达到平稳
4．管壁厚度不均	（1）芯棒和模套定位不正 （2）口模各点温度不均 （3）牵引位置偏离挤出机的轴线	（1）校正其相对位置 （2）校正温度 （3）校正牵引的位置
5．管材口径不圆	（1）定型套口径不圆 （2）牵引前部的冷却不足	（1）掉换或改正定型套 （2）校正冷却系统或放慢挤出速度
6．管材口径大小不同	（1）挤出温度有波动 （2）牵引速度不均	（1）控制温度恒定 （2）检查牵引，使达到平衡
7．塑件带有杂质	（1）滤网破损或滤网不够细 （2）塑料发生降解 （3）用料中加入的重用料太多	（1）调换滤网 （2）校正各段温度 （3）降低重用料的比率

附表 2.4　　挤出板、片材的缺陷及产生原因的分析和解决措施

序号	成型缺陷	产生原因	解决措施
1	板、片材断裂	1．机筒或机头温度偏低 2．模唇开度太小 3．牵引速度太快	1．适当提高成型温度 2．调节模唇位置、增大开度 3．调节三辊压光机或牵引装置的速度
2	板、片材厚度不均匀	1．物料塑化不均匀 2．机头、口模温度不均 3．流动阻力不均 4．模唇开度不均匀 5．牵引速度不稳定 6．压光辊间距不均	1．找出塑化不均匀的原因，并解决 2．检修加热装置，调节机头、口模温度 3．调节阻力棒各处位置 4．检修模唇位置调节装置，调节模唇开度 5．检修三辊压光机和牵引装置 6．调节压光辊间距
3	板、片材纵向产生连续线条纹路	1．模唇受损（粘结、划伤等） 2．口模内有杂质堵塞 3．压光辊表面受损	1．研磨、抛光模唇表面 2．清理口模 3．更换压光辊辊筒
4	板、片材表面出现气泡	物料吸湿、受潮或有易挥发物	对物料进行干燥预处理
5	板、片材表面出现黑色或变色的线条斑点	1．成型温度偏高，物料发生分解 2．机头内有死角、发生滞料降解 3．杂质阻塞机头流道、物料分解 4．压光辊表面有析出物粘结	1．调节机头、口模温度 2．检修机头，去除死角 3．清理机头 4．清洗压光辊、检验塑料配方有无问题
6	板、片材表面出现成簇横向抛物线状隆起	1．口模温度中间高、两侧低 2．螺杆转速过快 3．模唇开度不均匀 4．阻力棒调节不正常	1．检查加热装置、调节口模温度，使其中间低、两侧高 2．调节螺杆转速 3．调节模唇各处开度，使其保持出料均匀 4．重新调节阻力棒各处位置
7	板、片材表面出现横向排骨状纹路	1．压光辊间堆料太多 2．压光辊温度不均匀 3．压光辊温度过高 4．压光辊压力过大	1．降低螺杆转速，或提高压光辊转速或提高牵引速度 2．检修压光辊温控系统，使辊温均匀 3．适当降低压光辊温度 4．增大三辊间距，减小辊间压力

续表

序号	成型缺陷	产生原因	解决措施
8	板、片表面凹凸不平或光泽不好	1. 机头、口模温度偏低 2. 压光辊表面粗糙 3. 压光辊温度偏低 4. 模唇流道太短 5. 模唇表面粗糙 6. 物料吸湿受潮 7. 挤出速度快，牵引速度慢，板、片材冷却不下来	1. 适当提高机头、口模温度 2. 更换辊筒，或研磨、抛光辊筒表面 3. 适当提高压光辊温度 4. 更换模唇，增大模唇流道长度 5. 研磨、抛光模唇表面 6. 对物料进行干燥预处理 7. 调节螺杆转速和牵引速度，使二者相互适当

附表 2.5　　吹塑薄膜的缺陷及产生原因的分析和消除方法

出现的问题	原　因	消除方法
1. 光学性能差	（1）熔体温度偏低 （2）吹胀比过小 （3）冷却太慢	（1）提高挤出温度 （2）提高吹胀比（4∶1） （3）加快冷却速度
2. 单向强度偏低	横直两向的定向作用不平衡	调整牵伸比与吹胀比
3. 薄膜撕裂强度偏低	（1）熔体温度偏高 （2）定向作用不够 （3）冷却太快	（1）降低挤出温度 （2）增加吹胀比 （3）减慢冷却
4. 薄膜变色泽	树脂发生降解	降低料温
5. 鱼眼泡	树脂发生降解	降低料温
6. 薄膜中出现痕迹	（1）口模不洁净 （2）树脂发生降解	（1）清理口模 （2）降低挤出温度
7. 薄膜厚度不均	口模出料不均	（1）调整口模缝宽度 （2）调整模口各点的温度 （3）高速冷却风环的位置
8. 厚度与宽度发生波动（管泡不稳定）	（1）料流出现脉动 （2）压缩空气压力不稳定 （3）外面空气流不稳定	（1）放慢挤出速度和严格控制温度 （2）检查供气系统有无漏气或障碍，并做适当处理 （3）设法使外在空气流稳定
9. 薄膜发皱	（1）薄膜厚度不均 （2）口模各部温度不均	（1）参见第 7 条 （2）调整温度使其均匀
10. 薄模两层发粘	（1）冷却不够 （2）润滑剂用量不够	（1）增强冷却效果 （2）适当增加润滑剂用量

附表 3.1　　常用塑料的注射工艺参数

项目＼塑料	LDPE	HDPE	乙丙共聚 PP	PP	玻纤增强 PP	软 PVC	硬 PVC	PS
射机类型	柱塞式	螺杆式	柱塞式	螺杆式	螺杆式	柱塞式	螺杆式	柱塞式
螺杆转数/（r/min）	—	30～60	—	30～60	30～60		20～30	—
喷嘴形式	直通式	直通式	直通式	直通式	直通式	直通式	直通式	直通式
喷嘴温度/℃	150～170	150～180	170～190	170～190	180～190	140～150	150～170	160～170
料筒温度/℃ 前段	170～200	180～190	180～200	180～200	190～200	160～190	170～190	170～190
料筒温度/℃ 中段	—	180～200	190～220	200～220	210～220	—	165～180	—
料筒温度/℃ 后段	140～160	140～160	150～170	160～170	160～170	140～150	160～170	140～160
模具温度/℃	30～45	30～60	50～70	40～80	70～90	30～40	30～60	20～60
注射压力/MPa	60～100	70～100	70～100	70～120	90～130	40～80	80～130	60～100

续表

项目＼塑料	LDPE	HDPE	乙丙共聚PP	PP	玻纤增强PP	软PVC	硬PVC	PS
保压力/MPa	40~50	40~50	40~50	50~60	40~50	20~30	40~60	300~40
注射时间/s	0~5	0~5	0~5	0~5	2~5	0~5	2~5	0~3
保压时间/s	15~60	15~60	15~60	20~60	15~40	15~40	15~40	15~40
冷却时间/s	15~60	15~60	15~60	15~50	15~40	15~30	15~40	15~30
成型周期/s	40~140	40~140	40~120	40~120	40~140	40~80	40~90	40~90

项目＼塑料	HIPS	ABS	高抗冲ABS	耐热ABS	电镀级ABS	阻燃ABS	透明ABS	ACS
射机类型	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式
螺杆转数/（r/min）	30~60	30~60	30~60	30~60	30~60	30~60	20~30	20~30
喷嘴形式	直通式	直通式	直通式	直通式	直通式	直通式	直通式	直通式
喷嘴温度/℃	160~170	180~190	190~200	190~200	190~210	180~190	190~200	160~170
料筒温度/℃ 前段	170~190	200~210	200~210	200~220	210~230	190~200	200~220	170~180
料筒温度/℃ 中段	170~190	210~230	210~230	220~240	230~250	200~220	220~240	180~190
料筒温度/℃ 后段	140~160	180~200	180~200	190~200	200~210	170~190	190~200	160~170
模具温度/℃	20~50	50~70	50~80	60~85	40~80	50~70	50~70	50~60
注射压力/MPa	60~100	70~90	70~120	85~120	70~120	60~100	70~100	80~120
保压力/MPa	30~40	50~70	50~70	50~80	50~70	30~60	50~60	40~50
注射时间/s	0~3	3~5	3~5	3~5	0~4	3~5	0~4	0~5
保压时间/s	15~40	15~30	15~30	15~30	20~50	15~30	15~40	15~30
冷却时间/s	10~40	15~30	15~30	15~30	15~30	15~30	10~30	15~30
成型周期/s	40~90	40~70	40~70	40~70	40~90	30~70	30~80	40~70

项目＼塑料	SAN（AS）	PMMA		PMMA/PC	氯化聚醚	均聚POM	共聚POM	PET
射机类型	螺杆式	螺杆式	柱塞式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式
螺杆转数/(r/min)	20~50	20~30	—	20~30	30~60	30~60	20~40	20~40
喷嘴形式	直通式	直通式	直通式	直通式	直通式	直通式	直通式	直通式
喷嘴温度/℃	180~190	180~200	180~200	220~240	170~180	170~180	170~180	250~260
料筒温度/℃ 前段	200~210	180~210	200~240	230~250	180~200	170~190	170~190	260~270
料筒温度/℃ 中段	210~230	190~210	—	240~260	180~200	170~190	180~200	260~280
料筒温度/℃ 后段	170~180	180~200	180~200	210~260	180~190	170~180	170~190	240~260
模具温度/℃	50~70	40~80	40~80	60~80	80~110	90~120	90~100	100~140
注射压力/MPa	80~120	50~120	80~130	80~130	80~110	80~130	80~120	80~120
保压力/MPa	40~50	40~60	40~60	40~60	30~40	30~50	30~50	30~50
注射时间/s	0~5	0~5	0~5	0~5	0~5	2~5	2~5	0~5
保压时间/s	15~30	20~40	20~40	20~40	15~50	20~80	20~90	50~50
冷却时间/s	15~30	20~40	20~40	20~40	20~50	20~60	20~60	20~30
成型周期/s	40~70	50~90	50~90	50~90	40~110	50~150	50~160	50~90

项目＼塑料	PBT	玻纤增强PBT	PA6	玻纤增强PA6	PA11	玻纤增强PA11	PA12	PA66
射机类型	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式
螺杆转数/(r/min)	20~40	20~40	20~50	20~40	20~50	20~40	20~50	20~40
喷嘴形式	直通式	直通式	直通式	直通式	直通式	直通式	直通式	直通式
喷嘴温度/℃	200~220	210~230	200~210	200~210	180~190	190~200	170~180	250~260
前段	230~240	230~240	220~240	220~230	185~200	200~220	185~220	255~265

续表

项目 \ 塑料	PBT	玻纤增强 PBT	PA6	玻纤增强 PA6	PA11	玻纤增强 PA11	PA12	PA66
料筒温度/℃中段	230~250	240~260	230~250	230~240	190~220	220~250	190~240	260~280
后段	200~220	210~220	200~200	200~210	170~180	180~190	160~170	240~250
模具温度/℃	60~70	65~75	80~120	60~100	60~90	60~90	70~110	60~120
注射压力/MPa	60~90	80~100	90~130	80~110	90~130	90~130	90~130	80~130
保压力/MPa	30~40	40~50	30~50	30~50	40~50	40~50	50~60	40~50
注射时间/s	0~3	2~5	2~5	0~4	2~5	2~5	2~5	0~5
保压时间/s	10~30	10~20	15~40	15~50	15~40	15~40	20~60	20~50
冷却时间/s	15~30	15~30	20~40	20~40	20~40	20~40	20~40	20~40
成型周期/s	30~70	30~60	40~90	40~100	40~100	40~90	50~110	50~100

项目 \ 塑料	玻纤增强 PA6	PA610	PA612	PA1010		玻纤增强 PA1010		透明 PA
射机类型	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	柱塞式	螺杆式	柱塞式	螺杆式
螺杆转数/（r/min）	20~40	20~50	20~50	20~50	—	20~40	—	20~50
喷嘴形式	直通式	自锁式	自锁式	自锁式	自锁式	直通式	直通式	自锁式
喷嘴温度/℃	250~260	200~210	200~210	190~200	190~210	180~190	180~190	220~240
前段	260~270	220~230	210~220	200~210	230~250	210~230	240~260	240~250
料筒温度/℃中段	260~290	230~250	210~230	220~240	—	230~260	—	250~270
后段	230~260	200~205	200~205	190~200	180~200	190~200	190~200	220~240
模具温度/℃	100~120	40~70	40~70	40~80	40~80	40~80	40~80	40~60
注射压力/MPa	80~130	70~110	70~120	70~100	90~130	90~130	100~130	80~130
保压力/MPa	40~50	20~40	30~50	20~40	40~50	40~50	40~50	40~50
注射时间/s	3~5	0~5	2~5	0~5	2~5	2~5	2~5	0~5
保压时间/s	20~50	20~50	20~50	20~50	20~40	20~40	20~40	20~60
冷却时间/s	20~40	20~40	20~50	20~40	20~40	20~40	20~40	20~40
成型周期/s	50~100	50~100	50~110	50~100	50~90	50~90	50~90	50~110

项目 \ 塑料	PC		PC/PE		玻纤增强 PC	PSU	改性 PSU	玻纤增强 PSU
射机类型	螺杆式	柱塞式	螺杆式	螺杆式	柱塞式	螺杆式	螺杆式	螺杆式
螺杆转数/（r/min）	20~40	—	20~40	—	30~60	20~30	20~30	20~30
喷嘴形式	直通式	直通式	直通式	直通式	自锁式	直通式	直通式	直通式
喷嘴温度/℃	230~250	240~250	220~230	190~200	240~260	280~290	250~260	280~300
前段	240~280	270~300	230~250	200~220	260~290	290~310	260~280	300~320
料筒温度/℃中段	260~290	—	240~260	220~240	270~310	300~330	280~300	310~330
后段	240~270	260~290	230~240	190~200	260~280	280~300	260~270	290~300
模具温度/℃	90~110	90~110	80~100	60~85	90~110	130~150	80~100	130~150
注射压力/MPa	80~130	110~140	80~120	85~120	100~140	100~140	100~140	100~140
保压力/MPa	40~50	40~50	40~50	50~80	40~50	40~50	40~50	40~50
注射时间/s	0~5	0~5	0~5	3~5	2~5	0~5	0~5	2~7
保压时间/s	20~80	20~80	20~80	15~30	20~60	20~80	20~70	20~50
冷却时间/s	20~50	20~50	20~50	15~30	20~50	20~50	20~50	20~50
成型周期/s	50~130	50~130	50~140	40~70	50~110	50~140	50~130	50~110

项目＼塑料	聚芳砜	聚醚砜	PPO	改性PPO	聚芳酯	聚氨酯	聚苯硫醚
射机类型	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式
螺杆转数/（r/min）	20～30	20～30	20～30	20～50	20～50	20～70	20～30
喷嘴形式	直通式	直通式	直通式	直通式	直通式	直通式	直通式
喷嘴温度/℃	380～410	240～270	250～280	220～240	230～250	170～180	280～300
料筒温度/℃ 前段	385～420	260～290	260～280	230～250	240～260	175～185	300～310
料筒温度/℃ 中段	345～385	280～310	260～290	240～270	250～280	180～200	320～340
料筒温度/℃ 后段	320～370	260～290	230～240	230～240	230～240	150～170	260～280
模具温度/℃	230～260	90～120	110～150	60～80	100～130	20～40	120～150
注射压力/MPa	100～200	100～140	100～140	70～110	100～130	80～100	100～140
保压力/MPa	50～70	50～70	50～70	40～60	50～60	30～40	40～50
注射时间/s	0～5	0～5	0～5	0～8	2～8	2～6	0～5
保压时间/s	15～40	30～70	30～70	30～70	15～40	30～40	10～30
冷却时间/s	15～20	20～60	20～60	20～50	15～40	30～60	20～50
成型周期/s	40～50	60～140	60～140	60～130	40～90	70～110	40～90

附表 4.1　常用国产注射机的规格和性能（一）

项目＼型号		XS-ZS-22	XS-Z-30	XS-Z-60	XS-ZY-125	G54-S200/400
额度注射量/cm³		30、20	30	60	125	200～400
螺杆（柱塞）直径/mm		25、20	28	38	42	55
注射压力/MPa		75、115	119	122	120	109
注射行程/mm		130	130	170	115	160
注射方式		双柱塞（双色）	柱塞式	柱塞式	螺杆式	螺杆式
锁模力/kN		250	250	500	900	2540
最大成型面积/cm³		90	90	130	320	645
模板最大行程/mm		160	160	180	300	260
模具最大厚度/mm		180	180	200	300	406
模具最小厚度/mm		60	60	70	200	165
喷嘴圆弧半径/mm		12	12	12	12	18
喷嘴孔直径/mm		2	2	4	4	4
顶出形式		四侧设有顶杆，机械顶出，中心距170 mm	四侧设有顶杆，机械顶出	中心设有顶杆，机械顶出	两侧设有顶杆，机械顶出，中心距230 mm	动模板设有顶板，开模时模具顶杆固定板上的顶杆通过动模板与顶板相碰，机械顶出
动、定模固定尺寸/mm×mm		250×280		330×440	428×458	532×637
拉杆空间/mm		235	235	190×300	260×290	290×368
合模方式		液压－机械	液压－机械	液压－机械	液压－机械	液压－机械
液压泵	流量/（L/min）	50	50	70、12	100、12	170、12
	压力/MPa	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5
电动机功率/kW		5.5	5.5	11	11	18.5
螺杆驱动功率/kW					4	5.5
加热功率/kW		1.75		2.7	5	10
机器外形尺寸/mm×mm×mm		2340×800×1460	2340×850×1460	3160×850×1550	3340×750×1500	4700×1400×1800

附表 4.2　　常用国产注射机的规格和性能（二）

项目 \ 型号	SZY-300	XS-ZY 500	SZY-1000	SZY-2000	XS-ZY4000
额度注射量/cm³	320	500	1000	2000	4000
螺杆（柱塞）直径/mm	60	65	85	110	130
注射压力/MPa	77.5	145	121	90	106
注射行程/mm	150	200	260	280	370
注射方式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式
锁模力/kN	1500	3500	4500	6000	10000
最大成型面积/cm³		1000	1800	2600	3800
模板最大行程/mm	340	500	700	750	1100
模具最大厚度/mm	355	450	700	800	1000
模具最小厚度/mm	285	300	300	500	700
喷嘴圆弧半径/mm	12	18	18	18	
喷嘴孔直径/mm		3、5、6、8	7.5	10	
顶出形式	中心液压及上下两侧设有顶杆，机械顶出	中心液压顶出，顶出距 100 mm，两侧顶杆机械顶出，中心距 350 mm	中心液压顶出，两侧顶杆机械顶出，中心距 850 mm	中心液压顶出，顶出距 125 mm，两侧顶杆机械顶出	中心液压顶出，两侧机械顶出，中心距 1200mm
动、定模固定尺寸/mm×mm	620×520	700×850	900×1000	1180×1180	
拉杆空间/mm	400×300	540×440	650×550	760×700	1050×950
合模方式	液压—机械	液压—机械	两次动作液压式	液压—机械	两次动作液压式
液压泵 流量/（L/min）	103.9、12.1	200、25	200、18、1.8	175.8×2、14.2	50、50
液压泵 压力/MPa	7.0	6.5	14	14	20
电动机功率/kW	17	22	40、55、5.5	40、40	17、17
螺杆驱动功率/kW	7.8	7.5	13	23.5	30
加热功率/kW	6.5	14	16.5	21	37
机器外形尺寸/mm×mm×mm	5300×940×1815	6500×1300×2000	76700×17400×2380	10908×1900×3430	11500×3000×4500

附表 5　　常用塑料所适应的浇口形式

塑料种类 \ 浇口形式	直浇口	侧浇口	平缝浇口	点浇口	潜伏式浇口	环形浇口
硬聚氯乙烯（HPVC）	○	○				
聚乙烯（PE）	○	○		○		
聚丙烯（PP）	○	○		○		
聚碳酸酯（PC）	○	○		○		
聚苯乙烯（PS）	○	○		○	○	
橡胶改性聚苯乙烯					○	
聚酰胺（PA）	○	○		○	○	
聚甲醛（POM）	○	○	○	○	○	○
丙烯腈—苯乙烯	○	○		○		
ABS	○	○	○	○	○	○
丙烯酸酯	○	○				

注：“○”表示塑料适用的浇口形式。

附表 6　　常用塑料模具钢对照及特性

中国	美国	日本	瑞典	德国	特　　性	交货状态	淬火温度	用　　途
GB	ASTM	JIS	ASSAB	DIN		HBS	℃	
45-55	1045-1055	S45-55C			淬透性较差，但材料切削加工性能较好，价格低廉	可正火状态交货	800～870	用于制造生产批量小，模具截面不大，尺寸精度及表面粗糙度要求不高的塑料成型模具或模架
40Cr					淬透性较差，但材料切削加工性能较好，价格低廉		840～860	用于制造生产批量小，模具截面不大，形状复杂，尺寸精度及表面粗糙度要求不高的塑料成型模具或模架
3Cr2Mo	P20		618	40CrMo7	淬透性较好，可预硬交货。具有良好的电火花加工性能和抛光性能。预硬后材料截面硬度分布均匀	预硬HRC28～32	840～880	用于制造生产批量较大，模具尺寸较大，形状复杂，尺寸精度及表面粗糙度要求较高的塑料成型模具
3Cr2NiMnMo	P20+Ni	PDS5S	718	2738	由于加了约1%的Ni，淬透性极佳，可预硬交货。具有良好的电火花加工性能和抛光性能。预硬后材料大截面硬度分布均匀	预硬HRC30～34	840～880	用于制造生产批量较大，模具尺寸较大，尺寸精度、表面抛光性能要求较高的高质量塑料成型模具
3-4Cr13	420		S-136	2083	属中碳高铬型耐蚀模具材料，淬火后有较高硬度、耐蚀性和抛光性	≤230	950～1050	用于制造生产PVC等腐蚀性较强的塑料模具，透明塑胶模抛光性能要求较高的塑料模
9Cr18Mo	T440C	SUS 440C		4125	属高碳高铬型耐蚀金属，具有较高耐磨性，良好耐蚀性	≤285	1050～1100	用于制造耐腐蚀性和耐磨性要求较高的塑料模，如PVC塑料模、透明塑料模等

附表 7.1　　常用热塑性塑料的软化或熔融温度范围

塑料品种	软化或熔融范围/℃	塑料品种	软化或熔融范围/℃
聚醋酸乙烯	35～85	聚氧化甲烯	165～185
聚苯乙烯	70～115	聚丙烯	160～170
聚氯乙烯	75～90	尼龙 12	170～180
聚乙烯			
密度 0.92/ cm^3	110	尼龙 11	180～190
密度 0.94/ cm^3	约 120	聚三氟氯乙烯	200～220
密度 0.96/ cm^3	约 130	尼龙 610	210～220
聚-1-丁烯	125～135	尼龙 6	215～225
聚偏二氯乙烯	115～140（软化）	聚碳酸酯	220～230
有机玻璃	126～160	聚-4-甲基戊烯-1	240
醋酸纤维素	125～175	尼龙 66	250～260
聚丙烯腈	130～150（软化）	聚对苯二甲酸乙二醇酯	250～260

附表 7.2　　塑料的溶解性

塑料品种	溶　剂	非溶剂
聚乙烯	对二甲苯①，三氯苯①	丙酮，乙醚
聚-1-丁烯	癸烷①，十氢化萘①	低级醇
全同立构聚丙烯		
无规聚丙烯	烃类，乙酸异戊酯	醋酸乙酯，丙醇

续表

塑料品种	溶剂	非溶剂
聚异丁烯	己烷，苯，四氧化碳，四氢呋喃	丙酮，甲醇，乙酸甲酯
聚丁二烯	脂肪族和芳香族烃类	
聚异戊二烯		
聚苯乙烯	苯，甲苯，三氯甲烷，环己酮，乙酸丁酯，二硫化碳	低级醇，乙醚（溶胀）
聚氯乙烯	四氢呋喃，环己酮，甲酮，二甲基甲酰胺	甲醇，丙酮，庚烷
聚氟乙烯	环己酮，二甲胺基甲酰胺	脂肪族烃类，甲醇
聚四氟乙烯	不可溶	
聚乙烯异烯酯	苯，三氯甲烷，甲醇，丙酮，乙酸丁酯	乙醚石油醚，丁醇
聚乙烯异丁醚	异丙醇，甲基乙烯酮，三氯甲烷，芳香族烃类	甲醇，丙酮
聚丙烯酸酯和聚甲基丙烯酸酯	三氯四烷，丙酮，乙酸乙酯，四氢呋喃，甲苯	甲醇，乙醚，石油醚
聚丙烯腈	二甲胺基甲酰胺，二甲亚砜，浓硫酸水	醇类，乙醚，水，烃类，
聚丙烯酰胺	水	甲醇，丙酮
聚丙烯酸	水，稀碱类，甲醇，二恶烷，二甲胺基甲酰胺	烃类，甲醇，丙酮，乙醚
聚乙烯醇	水，二甲基甲酰胺①，二甲亚砜	烃类，甲醇，丙酮，乙醚
纤维素	含水氢氧化铜铵，含水氯化锌，含水硫氰酸钙	甲醇，丙酮
三醋酸纤维素	丙酮，三氯甲烷，二恶烷	甲醇，乙醚
甲基纤维素（三甲基）	三氯甲烷，苯	乙醇，乙醚，石油醚
羧甲基纤维素	水	甲醇
脂肪族聚脂类	三氯甲烷，甲酸，苯	甲醇，乙醚，脂肪族烃类
对苯二甲酸乙二醇酯	间甲酚，邻氯酚，硝基苯，三氯乙酸	甲醇，丙酮，脂肪族烃类
聚酰胺	甲酸，浓硫酸，二甲胺基甲酰胺，间甲酚	甲醇，乙醚，烃类
聚氨基甲酸酯类（不交联）	甲酸，γ-丁内脂，二甲胺基甲酰胺，间甲酚	甲醇，乙醚，烃类
聚氧化甲烯	γ-丁内酯①，二甲基甲酰胺①，苯甲醇①	甲醇，乙醚，脂肪族烃类
聚氧化乙烯	水，苯，二甲基甲酰胺	脂肪族烃类，乙醚
聚二甲基硅氧化烷	三氯甲烷，庚烷，苯，乙醚	甲醇，乙醇

附表 7.3　　常用塑料的密度

密度/（g/cm³）	材料	密度/（g/cm³）	材料
0.80	硅橡胶（可用二氧化硅填充到1.25）	1.19~1.35	增塑聚氯乙烯（大约含有40%增塑剂）
0.83	聚甲基戊烯	1.20~1.22	聚碳酸酯（双酚A型）
0.85~0.91	聚丙烯	1.20~1.26	交联聚氨酯
0.89~0.93	高压（低密度）聚乙烯	1.26~1.28	苯酚甲醛树脂（未填充）
0.91~0.92	1-聚丁烯	1.26~1.31	聚乙烯醇
0.9~0.93	聚异丁烯	1.25~1.35	乙酸纤维素
0.92~1.00	天然橡胶	1.30~1.41	苯酚甲醛树脂（填充有机材料：纸，织物）
0.92~0.98	低压（高密度）聚乙烯	1.30~1.40	聚氟乙烯
1.01~1.04	尼龙12	1.34~1.40	赛璐珞
1.03~1.05	尼龙11	1.38~1.41	聚对苯二甲酸乙二醇酯
1.04~1.06	丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物（ABS）	1.38~1.50	硬质PVC

续表

密度/（g/cm³）	材　料	密度/（g/cm³）	材　料
1.04～1.08	聚苯乙烯	1.41～1.43	聚氧化甲烯（聚甲醛）
1.05～1.07	聚苯醚	1.47～1.52	脲-三聚氰胺树脂（加有有机填料）
1.06～1.10	苯乙烯-丙烯腈共聚物	1.47～1.55	氯化聚氯乙烯
1.07～1.09	尼龙 610	1.50～2.00	酚醛塑料和氨基塑料（加有无机填料）
1.12～1.15	尼龙 6	1.70～1.80	聚偏二氟乙烯
1.13～1.16	尼龙 66	1.80～2.30	聚酯和环氧树脂（加有玻璃纤维）
1.10～1.40	环氧树脂，不饱和聚酯树脂	1.86～1.88	聚偏二氯乙烯
1.14～1.17	聚丙烯腈	2.10～2.20	聚三氟-氯乙烯
1.15～1.25	乙酰丁酸纤维素	2.10～2.30	聚四氟乙烯
1.16～1.20	聚甲基丙烯酸甲酯		
1.17～1.20	聚乙酸乙烯酯		
1.18～1.24	丙酸纤维素		

附表 7.4　　常用于塑料的密度鉴别的溶液

溶液的种类	密度（25℃）/（g/cm³）	配制方法	塑料（制品）种类	
			浮于溶液	沉入溶液
水	1		聚乙烯，聚丙烯	聚氯乙烯，聚苯乙烯
饱和食盐溶液	1.19	74ml 水和 26g 食盐	聚苯乙烯，ABS	聚氯乙烯
58-4%的酒精溶液	0.91	100ml 水和 140ml95%的酒精	聚丙烯	聚乙烯
55-4%的酒精溶液	0.925	100ml 水和 124ml95%的酒精	高压聚乙烯	低压聚乙烯
氯化钙水溶液	1.27	100g 的氯化钙（工业用）和 150ml 水	聚苯乙烯，有机玻璃，ABS 聚乙烯	聚氯乙烯，酚醛塑料

附表 7.5　　常用塑料热解产物石蕊和 PH 值试纸测试结果

石蕊试纸		
红	基本上无变色	蓝
PH 试纸		
0.5～4.0	5.0～5.5	8.0～9.5
含卤素聚合物 聚乙烯酯 纤维素酯 聚对苯二甲酸乙二酯 酚醛树脂 聚氨酯弹性体 不饱和聚酯树脂 含氟聚合物 硬纤维板 聚硫醚	①聚烯烃 聚乙烯醇 聚乙烯醇缩甲醛 聚乙烯醚 苯乙烯聚合物（包括苯乙烯-丙烯腈共聚物）② 聚甲基丙烯酸酯 聚氧化甲烯 聚碳酸酯 线形聚氨酯 酚醛树脂环 氧树脂 交联聚氨酯	聚酰胺 ABS 聚合物 聚丙烯腈 酚和甲酚树脂 氨基树脂（苯胺-三聚氰胺-和脲醛树脂）

①缓慢地加热热解管；②有些样品表现出微弱的碱性

附表 7.6　　燃烧鉴别情况

名　称	英　文	燃烧情况	燃烧火焰状态	离火后情况	气　味
聚丙烯	PP	容易	熔融滴落，上黄下蓝	烟少，继续燃烧	石油味
聚乙烯	PE	容易	熔融滴落，上黄下蓝	继续燃烧	石蜡燃烧气味
聚氯乙烯	PVC	难，软化	上黄下绿，有烟	离火熄灭	刺激性酸味
聚甲醛	POM	容易，熔融滴落	上黄下蓝，无烟	继续燃烧	强烈刺激甲醛味

续表

名　称	英　文	燃烧情况	燃烧火焰状态	离火后情况	气　味
聚苯乙烯	PS	容易	软化起泡橙黄色，浓黑烟，炭末	继续燃烧表面油性光亮	特殊乙烯气味
尼龙	PA	慢	熔融滴落	起泡，慢慢熄火	特殊羊毛，指甲气味
聚甲基丙烯酸甲酯	PMMA	容易	熔化起泡，浅蓝色，质白，无烟	继续燃烧	强烈花果臭味，腐烂蔬菜味
聚碳酸酯	PC	容易，软化起泡	有小量黑烟	离火熄灭	无特殊味
聚四氟乙烯	PTFE	不燃烧			在烈火中分解出刺鼻的氟化氢气味
聚对苯二甲酸乙二酯	PET	容易 软化起泡	橙色，有小量黑烟	离火慢慢熄灭	酸味
丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物	ABS	缓慢 软化燃烧，无滴落	黄色，黑烟	继续燃烧	特殊气味

附表 7.7　　几种塑料的 Liebermann-Storch-Morawski 显色反应情况

材　料	立即显色	10min 后颜色	加热到 100℃后颜色
酚醛树脂	浅红紫-粉红色	棕色	棕-红色
聚乙烯醇	无色-淡黄色	无色-浅黄色	棕色-黑色
聚乙酸乙烯酯	无色-浅黄色	蓝灰色	棕色-黑色
环氧树脂	无色到黄色	无色到黄色	无色-黄色
聚氨酯	柠檬黄	柠檬黄	棕色-绿荧光

附表 7.8　　吡啶用于含氯塑料的显色反应情况

材　料	与吡啶和试剂溶液一起煮沸		与吡啶煮沸，冷却后加入试剂溶液		在试样中加入试剂溶液和吡啶，不加热	
	即刻	5min 后	即刻	5min 后	即刻	5min 后
聚氯乙烯	红-棕	血红，棕-红	血红，棕-红	红-棕，黑沉淀	红-棕	黑-棕
氯化聚氯乙烯	血红，棕-红	棕-红	棕-红	红-棕，黑沉淀	红-棕	红-棕
氯化橡胶	深红-棕	深红-棕	黑-棕	黑-棕沉淀	茶青-棕	茶青-棕
聚氯丁二烯	白色-浑浊	白色-浑浊	无色	无色	白色-浑浊	白色-浑浊
聚偏二氯乙烯	棕-黑	棕-黑沉淀	棕-黑沉淀	黑-棕沉淀	棕-黑	棕-黑
聚氯乙烯混合料	黄	棕-黑沉淀	白色-浑浊	白色沉淀	无色	无色

参考文献

[1] 齐卫东. 塑料模具设计与制造. 北京：高等教育出版社，2004.
[2] 钱泉森. 塑料成型工艺及模具设计. 山东：山东科学技术出版社，2004.
[3] 陈志刚. 塑料成型工艺及设备. 北京：电子工业出版社，2005.
[4] 庞祖高. 塑料成型基础及模具设计. 北京：机械工业出版社，2004.
[5] 章飞. 型腔模具设计与制造. 北京：化学工业出版社，2003.
[6] 中国机械工程学会，中国模具设计大典编委会. 中国模具设计大典（第一版）南昌：江西科学技术出版社，2003.
[7] 朱光力. 塑料模具设计与制造实训. 北京：高等教育出版社，2004.
[8] 蒋继宏. 塑料模具典型结构100例. 北京：中国轻工业出版社，2000.
[9] 史铁梁. 模具设计指导. 北京：机械工业出版社，2005.
[10]《模具设计手册》编写组. 塑料模设计手册. 北京：机械工业出版社，2001.
[11] 黄虹. 塑料成型加工与模具. 北京：化学工业出版社，2003.
[12] 朱光力. 塑料模具设计. 北京：清华大学出版社，2003.
[13] 许文樾. 实用模具设计与制造手册. 北京：机械工业出版社，2000.

封面设计：龙 宇

21世纪高等职业教育 数控技术 规划教材

数控原理与系统
数控加工工艺与编程
数控原理与编程实训
数控机床操作与加工实训
CAD/CAM 自动编程技术
可编程序控制器应用基础
数控机床及其维护
现代数控机床全过程维修
数控技术专业英语
数控机床操作工职业技能鉴定指导
模具设计与制造

21世纪高等职业教育 模具设计与制造技术 规划教材

冲压工艺与模具设计
塑料成型工艺与模具设计
压铸铸造工艺与模具设计
冲压与塑压成型机械
模具制造工艺
模具专业英语
塑压模具图册
冲压模具图册

21世纪高等职业教育 机械专业基础 规划教材

机械制造基础
机械设计基础
机械制造技术
机械制图(包含计算机制图基础)
机械制图习题集(包含计算机制图基础)
公差配合与测量技术
液压技术与应用

21世纪高等职业教育 计算机辅助设计与制造技术 规划教材

Pro/ENGINEER wildfire 应用与实例教程
Mastercam 9.0 应用与实例教程
Cimatron 应用与实例教程
Unigraphics NX3 应用与实例教程
Autocad 2006 应用与实例教程
模具 CAD/CAM 实践教程 – PRO/E 模具设计
模具 CAD/CAM 实践教程 – UG NX3 注塑模具设计与制造



ISBN 978-7-115-15333-3
定价：33.00 元
（附光盘）

人民邮电出版社网址：www.ptpress.com.cn